



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN RURAL MEDIANTE  
ENERGÍA SOLAR EN ZONAS AISLADAS EN LA COMUNIDAD MASA 2,  
ISLA DEL GOLFO DE GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: JONATHAN CHRISTIAN PONCE CHURTA

AUTOR: MAURO RODOLFO YUNGAN GUALACIO

TUTOR: ING. CESAR ANTONIO CÁCERES GALÁN, MSc.

Guayaquil-Ecuador

2023

## CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN

Nosotros, Jonathan Christian Ponce Churta con documento de identificación N° 0803632058 y Mauro Rodolfo Yungan Gualacio con documento de identificación N° 0958145906 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Jonathan Christian Ponce Churta

0803632058



---

Mauro Rodolfo Yungan Gualacio

0958145906

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Nosotros, Jonathan Christian Ponce Churta con documento de identificación No. 0803632058 y Mauro Rodolfo Yungan Gualacio con documento de identificación No. 0958145906, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del Proyecto de investigación: “Implementación de Electrificación Rural Mediante Energía Solar en Zonas Aisladas en la Comunidad Masa 2, Isla del Golfo de Guayaquil”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de septiembre del año 2023

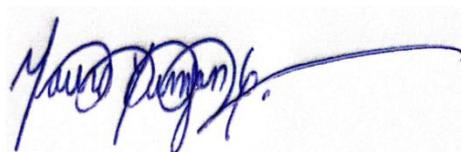
Atentamente,



---

Jonathan Christian Ponce Churta

0803632058



---

Mauro Rodolfo Yungan Gualacio

0958145906

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cesar Antonio Cáceres Galán, con documento de identificación N° 09911477776, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN RURAL MEDIANTE ENERGÍA SOLAR EN ZONAS AISLADAS EN LA COMUNIDAD MASA 2, ISLA DEL GOLFO DE GUAYAQUIL”, realizado por Jonathan Christian Ponce Churta con documento de identificación N° 0803632058 y Mauro Rodolfo Yungan Gualacio documento de identificación N° 0958145906, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Cesar Antonio Cáceres Galán, MSc.

09911477776

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida y darme la oportunidad de cumplir una meta más en mi camino.

A mis padres, a quienes me han sabido formar con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha servido para seguir adelante por el buen camino y cumplir mis metas propuestas a nivel personal y académico. Por el apoyo y cariño incondicional sin importar la distancia física, siento que están conmigo en todo momento.

A mi amado hijo, Kylian a quien amo infinitamente que ha sido mi motor fundamental para poder superarme todos los días y así poder brindarle un mejor futuro.

A mis maestros que me han brindado los conocimientos necesarios durante toda mi formación académicas, en especial a mi tutor Ing. Cesar Cáceres por haberme guiado en la elaboración de la tesis y culminarla con éxito.

**Jonathan Christian Ponce Churta**

El trabajo de titulación es dedicado a los seres que me dieron la vida, que cada día se esforzaron en darme lo mejor, de hacerme crecer como una persona de bien en la sociedad, de impulsarme día a día a seguir mis sueños y cumplir mis metas planteadas todo esto es por y para mis padres, Miguel Yungan Padilla y Rosa Gualacio Ñamo.

A todos aquellos que me alentaron, me aconsejaron y me apoyaron en los momentos difíciles y no se apartaron de mi lado.

**Mauro Rodolfo Yungan Gualacio**

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente, agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por haberme aceptado y abrirme las puertas de su prestigiosa institución para estudiar mi amada carrera.

A mi esposa e hijos por estar conmigo y apoyarme en cada paso que doy.

A mis maestros el Ing. Juan Carlos Lata y el Ing. Gary Ampuño, por haberme permitido ser parte de este proyecto Fotovoltaico Masa 2 y guiarme en el desarrollo de este proyecto.

Para finalizar agradezco a todas las personas que han sido parte de mi vida y han estado a mi lado durante mi formación académica y personal.

**Jonathan Christian Ponce Churta**

Agradezco a mi guía espiritual Dios, que estar en cada paso de mi vida y permitirme llegar hasta la instancia en la que me encuentro hoy.

A mis profesores el Ing. Juan Carlos Lata y el Ing. Cesar Cáceres, los cuales supervisaron el proyecto de titulación y siempre aportaron con ideas, consejos e información para realizar un trabajo digno de un ingeniero.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarle la formación profesional dentro de sus instalaciones.

**Mauro Rodolfo Yungan Gualacio**

## RESUMEN

El objetivo del proyecto es desarrollar e implementar un sistema de generación de energía en una zona rural donde no es posible provisionar la electrificación convencional, por ello nuestro proyecto de titulación se enfoca en implementar el diseño planteado, que se conforma de un sistema solar fotovoltaico en una de las viviendas de la comunidad Masa 2 ubicada en el golfo de Guayaquil, esto con la finalidad de suministrar energía renovable básica para mejorar la calidad de vida de los comuneros y además disminuir la contaminación ambiental provocada por los gases de efecto invernadero, sobre todo del  $CO_2$  al disminuir las horas de uso en generadores eléctricos a base de combustible fósil, siendo esto una alternativa híbrida ya que es una desventaja en el ámbito económico, ambiental y de salud.

La clave del proyecto se centra en obtener un análisis de la demanda eléctrica que se requiere, para crear un sistema funcional y realizar el adecuado dimensionamiento e implementación del sistema fotovoltaico mediante los paneles solares y los equipos del subsistema que se proyectan al interior de la vivienda, con toda la información obtenida se podrá realizar por medio del software PVsyst un análisis completo de la producción de energía solar del sistema en un periodo de un año y los índices de irradiación de la zona.

Posteriormente, se evalúa por medio de pruebas de funcionamiento y calidad de cada equipo que conforma el sistema, por lo cual se realizó la verificación de que los equipos puedan trabajar en las condiciones establecidas y adversas que van a demostrar un sistema eficaz.

**Palabras claves:** Sistema fotovoltaico, paneles solares, energía solar, energía eléctrica, software PVsyst.

## ABSTRACT

The objective of the project is to develop and implement a power generation system in a rural area where it is not possible to provide conventional electrification, so our degree project focuses on implementing the proposed design, which consists of a solar photovoltaic system in one of the houses of the community Masa 2 located in the Gulf of Guayaquil, This with the purpose of supplying basic renewable energy to improve the quality of life of the community members and also to reduce environmental pollution caused by greenhouse gases, especially from  $CO_2$  by reducing the hours of use in fossil fuel-based electric generators, this being a hybrid alternative since it is a disadvantage in the economic, environmental and health fields.

The key of the project is focused on obtaining an analysis of the electrical demand required to create a functional system and make the proper sizing and implementation of the photovoltaic system through solar panels and subsystem equipment that are projected inside the house, with all the information obtained can be made through the PVSyst software a complete analysis of solar energy production system in a period of one year and the irradiation rates in the area.

Subsequently, it is evaluated by means of tests of operation and quality of each equipment that conforms the system, for which the verification that the equipment can work in the established and adverse conditions that will demonstrate an effective system was carried out.

**Keywords:** Photovoltaic system, solar panels, solar energy, electrical energy, PVSyst software.

## INDÍCE GENERAL

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA .....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
1.    CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA .....	1
1.1    Introducción.....	1
1.2    Diagnóstico del problema.....	2
1.3    Justificación .....	3
1.4    Delimitación .....	3
1.5    Beneficiarios .....	4
1.6    Objetivos.....	4
1.6.1    Objetivo general .....	4
1.6.2    Objetivos específicos .....	4
1.7    Metodología.....	4
2.    CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1    Energías Renovables.....	6
2.2    Tipos de energía renovable que se producen en el Ecuador.....	6
2.3    Radiación solar .....	7
2.3.1    Tipos de radiación solar.....	7
2.3.2    Irradiancia.....	8
2.4    Energía Solar Fotovoltaica .....	8
2.4.1    Características de los Sistemas Fotovoltaicos .....	10
2.4.2    Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	10
2.4.2.1    Sistemas Fotovoltaico de conexión a la red (SFCCR).....	10
2.4.2.2    Sistemas aislados de red.....	11
2.4.2.3    Sistemas interconectado mixto.....	11

2.4.2.4	Sistema de autoconsumo .....	12
2.4.3	Panel Solar Fotovoltaico.....	13
2.4.4	Células Fotovoltaicas.....	13
2.4.5	Efecto Fotovoltaico.....	14
2.5	Regulaciones para la instalación de sistemas fotovoltaicos .....	15
2.5.1	Regulaciones en el Ecuador para la instalación de sistemas fotovoltaicos .....	15
2.6	Componentes de un sistema solar fotovoltaico .....	16
2.6.1	Acometida Eléctrica .....	16
2.6.2	Batería RITAR 12-100 .....	17
2.6.3	Inversor Phoenix 250 VA .....	18
2.6.4	Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/15.....	19
2.6.5	Software PVsyst fotovoltaic .....	19
2.7	Factores Ambientales .....	21
2.8	Huella ecológica y de carbono.....	21
3	CAPÍTULO III: METODOLOGIA.....	23
3.1	Metodología.....	23
3.2	Detalles de la vivienda.....	24
3.3	Estudio de demanda.....	24
3.3.1	Análisis de la demanda del sistema .....	24
3.3.2	Demanda del circuito de iluminación.....	25
3.3.3	Demanda del circuito de tomacorriente.....	25
3.3.4	Demanda del circuito de Televisión .....	26
3.3.5	Demanda diaria máxima.....	26
3.4	Plano Arquitectónico de la vivienda.....	27
3.4.1	Plano Eléctrico de la vivienda .....	28
3.5	Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.....	29
3.5.1	Angulo óptimo de inclinación .....	29
3.5.2	Demanda total del sistema.....	29
3.5.3	Dimensionamiento del banco de baterías .....	31
3.5.4	Dimensionamiento del controlador de carga.....	33
3.5.5	Dimensionamiento del inversor.....	34
3.6	Sistema Solar Fotovoltaico Propuesto.....	34
3.7	Simulación del sistema en el Software PVsyst.....	36
3.8	Implementación del sistema solar fotovoltaico .....	38
3.8.1	Estructura del soporte metálico .....	39

3.8.2	Instalación de la varilla puesta tierra .....	40
3.8.3	Montaje del Panel Solar fotovoltaico .....	41
3.8.4	Estructura para el subsistema de la vivienda .....	42
3.8.5	Circuitos internos en la vivienda .....	42
3.8.6	Sistema de protección .....	44
4	<b>CAPÍTULO IV: ANALISIS Y RESULTADOS</b> .....	45
4.1	Resultados de la implementación del sistema fotovoltaico .....	45
4.2	Resultados de la simulación en el software PVsyst.....	47
4.3	Tabla de presupuesto .....	49
4.4	Análisis Económico y ambiental .....	50
1.	<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	53
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	55
	<b>ANEXOS</b> .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación “Comunidad Masa 2” .....	2
<b>Figura 2:</b> Estado de las viviendas en la comunidad Masa 2.....	3
<b>Figura 3:</b> Radiación global.....	8
<b>Figura 4:</b> Atlas solar del Ecuador .....	9
<b>Figura 5:</b> Sistema de conexión a la red .....	10
<b>Figura 6:</b> Instalación fotovoltaico-aislada de red .....	11
<b>Figura 7:</b> Sistema interconectado mixto .....	12
<b>Figura 8:</b> Sistema de autoconsumo .....	12
<b>Figura 9:</b> Panel solar fotovoltaico .....	13
<b>Figura 10:</b> Esquema de la célula solar .....	14
<b>Figura 11:</b> Acometida aérea .....	16
<b>Figura 12:</b> Acometida subterránea .....	17
<b>Figura 13:</b> Batería RA 12-100.....	17
<b>Figura 14:</b> Inversor Phoenix.....	18
<b>Figura 15:</b> Controlador de carga MPTT 75/15.....	19
<b>Figura 16:</b> Vista del Software PVsyst.....	20
<b>Figura 17:</b> Efecto invernadero .....	22
<b>Figura 18:</b> Vivienda del Proyecto .....	23
<b>Figura 19:</b> Plano Arquitectónico de la Vivienda.....	27
<b>Figura 21:</b> Diagrama Unifilar del Sistema Solar Fotovoltaico .....	35
<b>Figura 22:</b> Consumos domésticos diarios .....	36
<b>Figura 23:</b> Distribución del consumo doméstico diario .....	37
<b>Figura 24:</b> Catalogo de los equipos del sistema .....	37
<b>Figura 25:</b> Resultado de la simulación.....	38
<b>Figura 26:</b> Base de la estructura metálica .....	39
<b>Figura 27:</b> Soporte de hierro .....	40
<b>Figura 28:</b> Instalación de la varilla metálica.....	40
<b>Figura 29:</b> Soporte del panel solar .....	41
<b>Figura 30:</b> Estructura del Subsistema fotovoltaico .....	42
<b>Figura 31:</b> Instalación de la tubería de PVC .....	43
<b>Figura 32:</b> Caja de montaje .....	43
<b>Figura 33:</b> Panel de distribución .....	44
<b>Figura 34:</b> Verificación de los parámetros de .....	45
<b>Figura 35:</b> Instalación de los equipos del subsistema .....	46
<b>Figura 36:</b> Montaje de la estructura metálica.....	46
<b>Figura 37:</b> Finalización de la instalación del sistema solar fotovoltaico .....	47
<b>Figura 38:</b> Producción normalizada de energía (kWh/día) .....	48
<b>Figura 39:</b> Diagrama de barras del análisis económico.....	50
<b>Figura 40:</b> Diagrama de barras del análisis ambiental .....	52

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1:</b> Calculo de la demanda aproximada .....	24
<b>Tabla 2:</b> Demanda máxima diaria de la vivienda.....	26
<b>Tabla 3:</b> Cacteristicas de los equipos del sistema .....	35
<b>Tabla 4:</b> Balance y resultados principales.....	48
<b>Tabla 5:</b> Presupuesto del proyecto .....	49
<b>Tabla 6:</b> Costo anual del uso del generador y del sistema FV .....	50

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Radiación global .....	8
<b>Ecuación 2:</b> Demanda esperada .....	25
<b>Ecuación 3:</b> Angulo óptimo de inclinación.....	29
<b>Ecuación 4:</b> Demanda diaria de energía.....	30
<b>Ecuación 5:</b> Capacidad del banco de batería.....	31
<b>Ecuación 6:</b> Voltaje del sistema de baterías .....	32
<b>Ecuación 7:</b> Baterías en serie .....	32
<b>Ecuación 8:</b> Corriente de entrada del regulador .....	33
<b>Ecuación 9:</b> Corriente de salida del regulador .....	33
<b>Ecuación 10:</b> Potencia pico .....	34
<b>Ecuación 11:</b> Emisiones de $CO_2$ .....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Hoja de datos del panel solar.....	58
Anexo 2: Hoja técnica de la batería RITAR RA12-100.....	60
Anexo 3: Hoja técnica del controlador de carga BlueSolar MPPT 75-15 .....	62
Anexo 4: Hoja técnica del Inversor Phoenix 250 V.....	63
Anexo 5: Plano arquitectónico de la vivienda.....	65
Anexo 6: Plano eléctrico de la vivienda.....	66
Anexo 7: Reporte de la simulación del Software PVsyst .....	67

## **1. CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA**

### **1.1 Introducción**

Hoy en día el sistema eléctrico es utilizado en las zonas urbanas y grandes ciudades, sin embargo, de acuerdo con el índice de cobertura de la electrificación del Ecuador existen sectores que no cuentan con este tipo de servicio, la falta de energía eléctrica por la red pública se produce por diversas variables como las áreas reservadas o inaccesibles de las redes tradicionales dificultan el desarrollo de proyectos energéticos. Proporcionar electricidad a personas de zonas rurales alejadas de los centros urbanos no sólo mejora sus condiciones de salud y educación, sino que estos servicios se sustentan directamente con el excedente y alcance de la electricidad para brindar otros servicios como agua potable y comunicaciones. [1]

Las energías renovables se utilizan en estas áreas como alternativas al suministro de electricidad. La energía renovable se genera a partir de recursos naturales limpios y abundantes y no genera emisiones de gases de impacto invernadero ni otras emisiones perjudiciales para el medio ambiente. En el Ecuador se realizan esfuerzos para promover la introducción de tecnologías ambientales no contaminantes y fuentes alternativas de energía en los sectores público y privado, la solar fotovoltaica como recurso para la producción de electricidad, convirtiéndola en la más efectiva en la lucha contra el calentamiento global.

Hay varias islas aisladas que carecen de servicios básicos a 25,7 kilómetros al sur de la ciudad de Guayaquil, la comunidad de Masa 2 es un área que en su mayoría carece de servicios básicos como agua potable, saneamiento urbano, eliminación de desechos, recolección y electricidad. Para dotar de energía al sector se utilizan generadores durante un período de tiempo, lo que tiene un efecto contaminante por las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, el uso diario de combustibles como gasolina y petróleo y equipos adicionales excede la asequibilidad económica de las personas.

Las consecuencias negativas del uso de generadores y la falta de red eléctrica fueron los motivos para la creación de este proyecto, que utiliza la energía solar como recurso para su aplicación dentro de la comunidad Masa 2.

## 1.2 Diagnóstico del problema

Teniendo en cuenta la ubicación de la comunidad Masa 2 isla del Golfo de Guayaquil con las coordenadas: -2.384568; -79.860418 que se muestran en la figura 1 aproximada a la comunidad formada por manglares, por ello se ha considerado un área protegida. Implementar una red de distribución eléctrica implicaría un efecto negativo en la flora y fauna de la comunidad.

La comunidad Masa 2, con una población de unas 23 personas, cuenta con una unidad de educación financiera básica denominada Simón Bolívar, dividida en 17 familias con infantes, jóvenes y adultos mayores. Los residentes de la zona carecen de servicios básicos y tienen ingresos más bajos en una economía tecnológicas. Las energías renovables, concretamente la energía solar, dificultan el desarrollo de proyectos energéticos, siendo una de las alternativas más variables.

Un generador eléctrico con una capacidad de 2 kW proporciona energía eléctrica para cada familia, consume dos ésteres eléctricos, que se utilizan en horario de 17H00 a 22H00 cuando se almacenan las embarcaciones en contenedores, creando un ambiente propenso a los accidentes debido a la facilidad de uso de los materiales. Además, también provoca contaminación debido al gas dióxido de carbono. Emisiones, el nivel de distorsión de cada generador supera los 90 dB, durante un largo período de exposición dará lugar a un aumento de la pérdida auditiva afectando la salud de la población de la zona, otro inconveniente del uso de generadores es que su uso debe ser temporal y por un tiempo período de no más de 4-5 horas, solo hay electricidad hasta las 22:00, lo que dificulta almacenar alimentos en la nevera.



**Figura 1:** Ubicación “Comunidad Masa 2”

### 1.3 Justificación

En la comunidad de Masa 2 se han identificado problemas sociales como la exclusión, falta de recursos educacionales y problemas económicos por la constante adquisición de combustible que requiere mantener en funcionamiento al generador de combustión, la falta de energía eléctrica agrava la situación de la vida diaria de las personas. Según el índice de cobertura eléctrica el 3% del país padecen la misma problemática, lo que motiva al ministerio de energía y agencias reguladoras de la energía realizar estudios sobre la aplicación de sistemas fotovoltaicos que permitan dotar de energía limpia a los pobladores de la comuna.[2]

El sistema introducido será beneficioso para el desarrollo del Distrito Masa 2, gracias a la electricidad las personas estarán iluminadas durante el día y la noche, lo que antes no era posible, es por eso que la energía del sol se utilizara para la producción y mediante energías renovables. El sistema distribuye energía eléctrica, mejorando así la calidad de vida de los residentes.

La sede de UPS Guayaquil está desarrollando planes para un proyecto conjunto de electrificación para estudiantes de ingeniería eléctrica usando energía solar.

### 1.4 Delimitación

El proyecto centrado en la comunidad Masa 2, engloba la investigación y desarrollo de sistemas fotovoltaicos aislados para cubrir las necesidades básicas de iluminación y uso diversos dispositivos eléctricos y electrónicos.

Se encuentra en la zona rural de Guayaquil, alejada de la ciudad a la que es difícil llegar, por lo que no cuenta con servicios básicos como agua, salud y electricidad, se puede llegar al lugar de dos maneras diferentes vía terrestre y vía fluvial en la figura 2 se presenta las condiciones de las viviendas en la comunidad.



**Figura 2:** Estado de las viviendas en la comunidad Masa 2

## **1.5 Beneficiarios**

La comunidad Masa 2 son los principales beneficiarios del desarrollo del proyecto ya que van a gozar de un sistema eléctrico funcional aprovechando un recurso natural a menor costo.

Este proyecto se puede utilizar para un análisis en la implementación de energía limpia como fuente alternativa y la electrificación de zonas rurales y se puede plantear que los beneficiarios secundarios son las personas en todo el mundo.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Implementar un sistema de energía solar fotovoltaica para mejorar la calidad de vida y que beneficie a la población en la comunidad Masa 2, Isla del Golfo de Guayaquil, el cual pueda representar una alternativa de solución para la Deficiencia energética que padece la zona.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- ✓ Reunir datos técnicos para leer los parámetros básicos de energía utilizados por el hogar.
- ✓ Calcular la demanda de carga requerida para una vivienda, mediante el levantamiento de información del consumo para dimensionar el sistema fotovoltaico.
- ✓ Diseñar el sistema fotovoltaico median herramientas tecnológicas para optimizar el número de componentes de cada vivienda del sector Masa 2.
- ✓ Implementar el sistema fotovoltaico desde las bases metálicas hasta el funcionamiento de todos los equipos del subsistema.
- ✓ Demostrar mediante el análisis económico, de implementación y simulación el correcto funcionamiento y fiabilidad del sistema solar fotovoltaico.

## **1.7 Metodología**

Para el desarrollo del estudio y así alcanzar las metas planteadas es idóneo adoptar un enfoque cualitativo con el respaldo del estudio cuantitativo ya que favorece al análisis cualitativo al generalizar la búsqueda de diferentes contextos y contribuye en la credibilidad de los resultados al utilizar medidas estandarizadas en la descripción de variables. [3]

En la parte de investigación, se van a realizar procesos de estudio de tipo: deductivo, verificativo, constructivo y objetivo; para conceptualizar el marco teórico se van a emplear estos puntos de procesos para seleccionar la información que describan todos los ítems dentro de la sección con características claras que facilitan la comprensión del estudio. [3]

Este método de trabajo permite comprender no solo la naturaleza de los fenómenos en torno al origen de la distribución del servicio eléctrico, sino también sus consecuencias ya que proporciona un marco contextual que valida los resultados confirmando la relevancia de las estructuras para situaciones de la vida real. [3]

Con el respaldo de técnicas de investigación con criterios de selección, primero se selecciona la población y la medida en la que se ha desarrollado el proyecto para identificar los nuevos grupos de fenómenos en base al estudio que nos van a proporcionar datos descriptivos para conocer los aspectos más valorados por la sociedad rural a partir del suministro de electricidad, para el análisis detenido del fenómenos o problema que están pasando los moradores de dicho sector, por la falta de energía eléctrica, para darle una solución al problema que los mantiene a la comunidad sin este servicio.

Además, en los estudios cualitativos se usan los procedimientos estadísticos que van a contribuir en la muestra de resultados del análisis económico, al realizar una comparación del uso del generador de combustión vs. el sistema solar fotovoltaico, realizando una comparación entre el periodo de tiempo de encendido y el costo económico por día en el cual se utiliza el equipo, para mostrar la viabilidad del sistema en la zona.

El resultado que se obtiene del estudio gracias a la información recopilada, el dimensionamiento de equipos y análisis económico será la base para la implementación de un sistema solar fotovoltaico funcional el cual se puede implantar en zonas remotas que tengan un índice alto de radiación solar.

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Energías Renovables**

Constituyen todas aquellas energías cuya tasa de renovación supera la tasa de uso, la renovación de estas energías puede ser natural o artificial. Se restablecen de forma natural, aunque se siguen implementando, entre ellos destaca el agua, viento, hidrógeno o biomasa. Las actividades humanas y los cambios en los ecosistemas pueden afectar la disponibilidad de recursos renovables. [4]

Dentro de la clasificación, se puede encontrar:

- Energía hidráulica
- Energía solar fotovoltaica
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Otras

### **2.2 Tipos de energía renovable que se producen en el Ecuador**

Es importante tener en cuenta que Ecuador posee un amplio potencial de fuentes de energía renovables para la generación de electricidad, especialmente de carácter hidrológico, cuya cuantificación es necesaria para el desarrollo del plan maestro de electricidad. [1]

El objetivo del Ministerio de Energía del Ecuador es asegurar el suministro de energía eléctrica en el Ecuador, para extender al máximo el tiempo de producción en el corto, mediano y largo plazo con criterios de eficiencia, sostenibilidad, calidad, continuidad y seguridad, además, promover el uso de fuentes de energía renovables, con atención a la suficiencia, la soberanía energética y la responsabilidad social y ambiental, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos, financieros y administrativos. [5]

Debido al aumento de los precios de los combustibles fósiles, En los últimos 20 años, las tecnologías que utilizan recursos renovables como la energía eólica, solar, geotérmica, de biomasa y mareomotriz y se han vuelto más competitivas con respecto a las fuentes de energía tradicionales. Actualmente, el 92% de la producción energética del país proviene de centrales hidroeléctricas, el 7% de energía térmica y el 1% de fuentes no convencionales. [1]

## 2.3 Radiación solar

Se llama radiación a la transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas, que se produce directamente desde la fuente hacia el exterior en todas direcciones y pueden viajar a través del espacio interplanetario hasta la tierra [6], cuando esto sucede, la radiación se ve afectada por factores geométricos que inciden únicamente la radiación que se tiene en el límite de la atmosfera y factores atmosféricos que perjudican a los rayos incidentes que alcanzan a la superficie del planeta. [7]

La energía proveniente del sol se propaga en forma de radiación, la cual se puede emplear de forma directa o indirecta para suministrar la demanda energética del mundo, el principal modo de utilizar la energía solar de forma directa es mediante los sistemas solares fotovoltaicos, donde aprovechan la radiación y la convierte en energía por el efecto fotoeléctrico de los paneles solares. [6]

Ecuador al ubicarse sobre la línea ecuatorial tiene ventajas para emplear la energía solar ya que la variación solar es despreciable en el año y reduce la obligación del uso de acumuladores de energía de gran tamaño, los niveles de radiación son suficientemente elevados para ampliar el uso de instalaciones fotovoltaicas y tecnologías solares térmicas. [8]

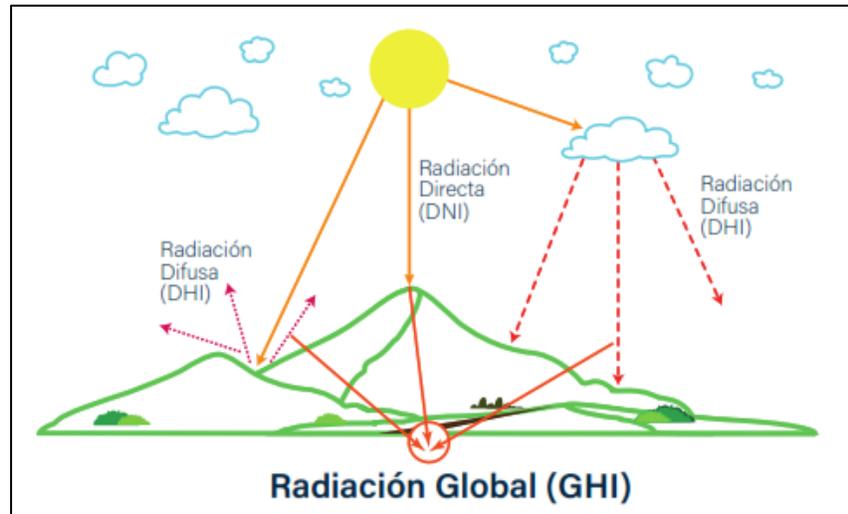
### 2.3.1 Tipos de radiación solar

Cuando los rayos del sol traspasan la atmosfera y se diferencian de acuerdo a los siguientes tipos:

- **Radiación Directa (DNI):** Procede directamente del sol y atraviesa la atmósfera sin alterar la dirección, es la que origina la sombra de los objetos.[9]
- **Radiación Difusa (DHI):** Al atravesar la atmósfera, es redirigida y reflejada por diferentes elementos sin crear sombras de los objetos intermedios.[7]
- **Radiación Albedo (IR):** Se refleja por la superficie terrestre que se la conoce como albedo, las superficies horizontales no reciben radiación y las superficies verticales son las que reciben la mayor cantidad de radiación albedo.[7]
- **Radiación Global (GHI):** Esta definida como la suma de la transmisión directa y corresponde a la suma de la radiación directa y dispersa, se determina con la ecuación 1 y se representa en la figura 3.[8]

$$GHI = DHI + DNI \times \cos(\theta)$$

**Ecuación 1:** Radiación global



**Figura 3:** Radiación global

Fuente: Mapa Solar del Ecuador

### 2.3.2 Irradiancia

El valor del poder de la luz es la irradiancia, ayuda a determinar la potencia incidente por elemento de área para cualquier estado de radiación electromagnética, se reduce la energía por unidad de área en la superficie y se mide en  $W/m^2$  determinada combinando la radiación en un momento dado por una unidad de área. [10]

### 2.4 Energía Solar Fotovoltaica

Es la energía procedente de la radiación electromagnética del sol que se utiliza para generar electricidad renovable en forma de calor y luz capturados. Utilizado por células fotovoltaicas para el uso doméstico o industrial, según la disposición de la instalación. [11]

La energía SFV es una tecnología que genera electricidad a través de corriente continua. Cuando los semiconductores se iluminan con un haz de fotones, produce electricidad fotovoltaica barata cuando la luz incide en una célula solar. Es una solución energética económica en instalaciones fuera de la red, y el crecimiento del mercado global muestra que



### 2.4.1 Características de los Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos poseen paneles para la generación, estos están formados por celdas fotovoltaicas, y estas celdas basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico con las diversas tecnologías de energía solar. [14]

Las principales características de la instalación de energía fotovoltaica son [12]:

- Empleo de energía renovable y limpia
- Fiabilidad
- Mantenimiento reducido
- Reducción de efectos nocivos al medio ambiente

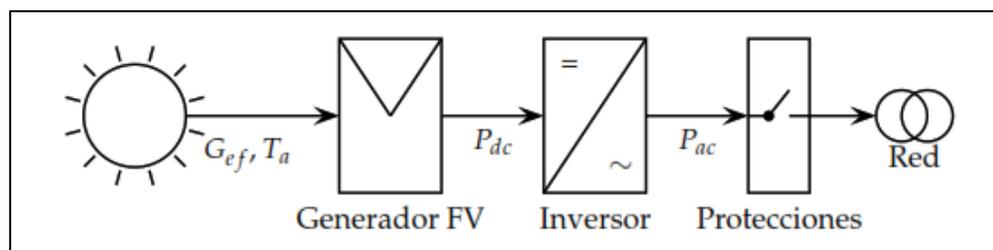
### 2.4.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Se puede clasificar los sistemas solares fotovoltaicos de acuerdo a la aplicación:

#### 2.4.2.1 Sistemas Fotovoltaico de conexión a la red (SFCR)

Es un sistema con la función de generar electricidad en las condiciones apropiadas, de modo que se pueda ingresar en una red regular, un sistema conectado a una red de tablas eléctricas alternativas y proporcionarla. Para la red, y finalmente, en la web, en línea y el medidor de energía se proporciona en la red como se presenta en la figura 5. [15]

La energía generada por el sistema se consumirá total o parcialmente en el entorno, y el exceso de energía se inyectará a la red y se distribuirá a otros puntos de consumo. A menudo existen mecanismos de equilibrio económico para compensar a los propietarios de sistemas de energía cuyos sistemas comercian con la red. [15]



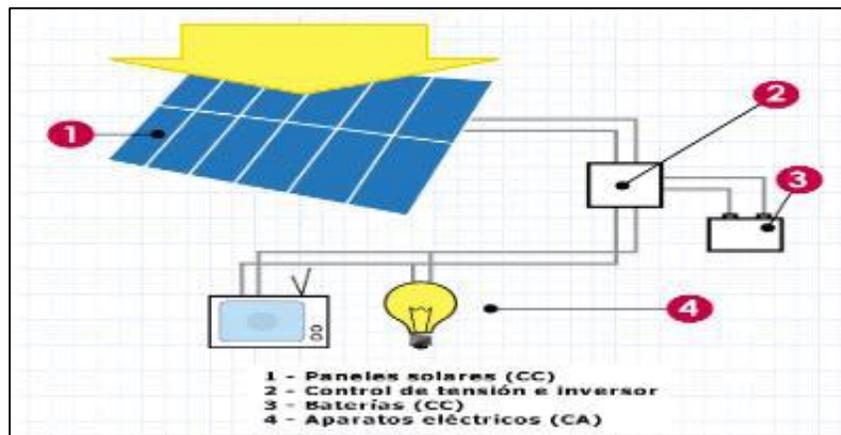
**Figura 5:** Sistema de conexión a la red

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica

### 2.4.2.2 Sistemas aislados de red

Suministra energía a una zona concreta entre instalaciones fotovoltaicas aisladas, que suele estar aislada de la red normal. Las aplicaciones más habituales en la edificación son: suministro de energía eléctrica para riego, bombeo de agua para ganado o consumo humano; electrificación de viviendas rurales, dotación de equipos de telecomunicaciones, etc.[16]

Estas instalaciones independientes contienen módulos fotovoltaicos y normalmente incluye otros equipos como baterías, inversores y reguladores, se pueden visualizar en la figura 6. [16]

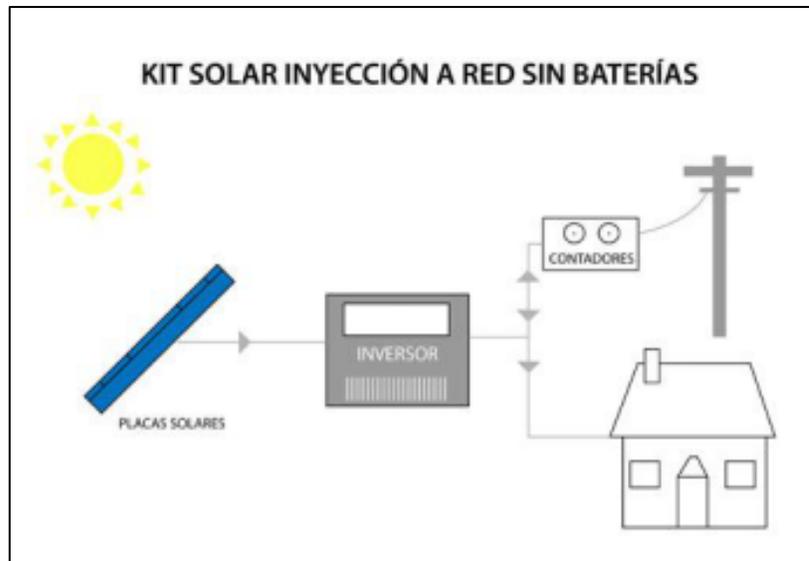


**Figura 6:** Instalación fotovoltaico-aislada de red

Fuente: Plan de negocios para la creación de una empresa de paneles en el Guayas

### 2.4.2.3 Sistemas interconectado mixto

Los sistemas de sincronización de red, a diferencia de los sistemas fuera de la red pueden o no contener baterías como se presenta en la figura 7. En algunos casos en los que no se instalan baterías, toda la energía eléctrica se suministrará desde los paneles fotovoltaicos del sistema. Si la carga generada por los paneles solares es superior a la potencia requerida por el sistema, se enruta a la red pública a la que está conectado. [17]

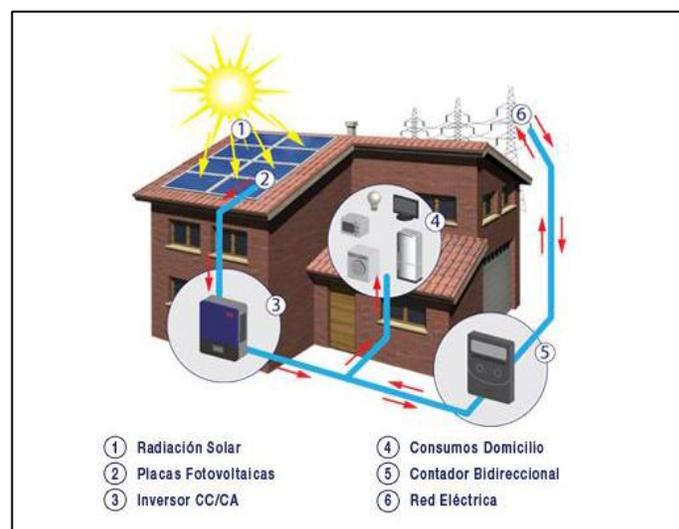


**Figura 7:** Sistema interconectado mixto

Fuente: Estudio sobre la sustitución por energías renovables

#### 2.4.2.4 Sistema de autoconsumo

Un sistema de autoconsumo como el que se expone en la figura 8, es una solución diseñada para lugares donde ya se dispone de energía eléctrica, por lo que está diseñado para reducir el consumo eléctrico mediante el uso de energías renovables, sobre todo reduciendo los costes de inversión que genera este tipo de instalaciones. [18]



**Figura 8:** Sistema de autoconsumo

Fuente: Energía renovable VFM

### 2.4.3 Panel Solar Fotovoltaico

El módulo fotovoltaico se encarga de captar la energía de la radiación solar y convertirla en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, como se muestra en la figura 9. Los paneles fotovoltaicos se fabrican ensamblando células fotovoltaicas entre sí; si bien hay placas especiales o personalizadas disponibles, el número habitual de celdas en una tabla comercial es 36, 60 y 72. Estos números de celda se utilizan como estándar para crear placas de todos los tamaños son adecuados para diferentes propósitos generales. [19]

La eficiencia del panel fotovoltaico se determina dividiendo la potencia máxima de producción de electricidad y la potencia lumínica utilizada para el panel. [19]



**Figura 9:** Panel solar fotovoltaico

Fuente: Protección contra sobretensiones en sistemas fotovoltaicos

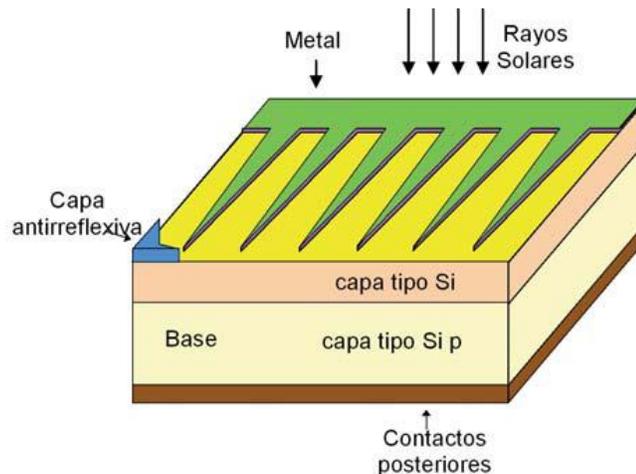
### 2.4.4 Células Fotovoltaicas

Para generar energía, los paneles fotovoltaicos se componen de células fotovoltaicas que en realidad utilizan las propiedades de los materiales semiconductores para convertir la energía luminosa en energía eléctrica. [19]

Las celdas están integradas por un dispositivo en forma de diodo fabricado en material semiconductor en el que se genera artificialmente un campo eléctrico constante que, al recibir la radiación solar se excita y provoca un pico de electrones, creando una pequeña diferencia de potencial. A través del contacto selectivo, estos electrones pueden enviarse al circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo así la energía atrapada y regresando

mediante una mayor exposición a la banda de valencia energética, cuantos elementales más altos, antes de que se absorba el fotón de luz. [12]

El flujo de electrones que se presenta en el circuito externo se denomina corriente de batería, cuyo producto es igual a la diferencia de potencial provocada por la salida de electrones de los contactos selectivos, determina la energía a generar. en vestiduras. 10 muestra un diagrama de la celda solar. Todo sucede a temperatura ambiente y no hay partes móviles porque las celdas solares determinan la energía producida. La figura 10 muestra el circuito de la celda solar. Todo esto sucede a temperatura ambiente y sin partes móviles, porque la celda solar, que convierte solo una parte de la energía fotónica absorbida, calentándose a una temperatura de solo 25-30 ° C por encima de la temperatura ambiente.[12]



**Figura 10:** Esquema de la célula solar

Fuente: Energía solar fotovoltaica

#### 2.4.5 Efecto Fotovoltaico

Es un proceso por el cual la radiación que atraviesa la celda puede transferir electrones de una capa a otra, creando una corriente eléctrica que proporciona radiación entrante, una capa antirreflejos para mejorar la eficiencia de la celda. Por lo tanto, cuando la celda fotovoltaica se expone al sol, es posible que los electrones giren y que aparezca una corriente eléctrica entre los dos lados de la celda. [14]

## **2.5 Regulaciones para la instalación de sistemas fotovoltaicos**

Para instalar un sistema solar fotovoltaico se debe tener en cuenta resoluciones o normativas del país o región en el cual se va a implementar al igual que para que tipo de infraestructura va a suministrar energía eléctrica, considerando las normativas internacionales en el campo eléctrico. Dependiendo de la ubicación, se puede realizar el dimensionamiento de la demanda que necesita abastecer la instalación.

### **2.5.1 Regulaciones en el Ecuador para la instalación de sistemas fotovoltaicos**

Las instalaciones de sistemas fotovoltaicos en el Ecuador deben cumplir con las normativas dispuestas por los estándares de regulación de la energía, el uso de recursos renovables y normativas de instalaciones eléctricas.

De acuerdo con la Agencia de control de Electricidad o también llamada ARCONEL en la regulación N. 003-18, el propietario del inmueble dispondrá de un sistema fotovoltaico, esto reducirá el consumo de la red de distribución y por ende reducirá la factura de la luz, ya que requiere conexión, su potencia máxima es de 100kw, temporalmente aumentada a 300kw. para consumidores particulares y 500 kW para consumidores industriales, la vida útil de este sistema será de 20 años. [20]

La de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCENNR) estipula en la resolución 001/2021 que cualquier persona puede instalar paneles solares en su domicilio o lugar de trabajo para generar electricidad para su propio consumo. La validación del sistema fotovoltaico debe ser realizada por el distribuidor de energía regional, quien verificará las especificaciones antes de la aprobación. [21]

El NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) posee normativas en cuanto a las definiciones y símbolos de los sistemas fotovoltaicos que se pueden utilizar dentro del país, ajustándose a la normativa internacional de los términos que utilizan en la industria fotovoltaica. [22]

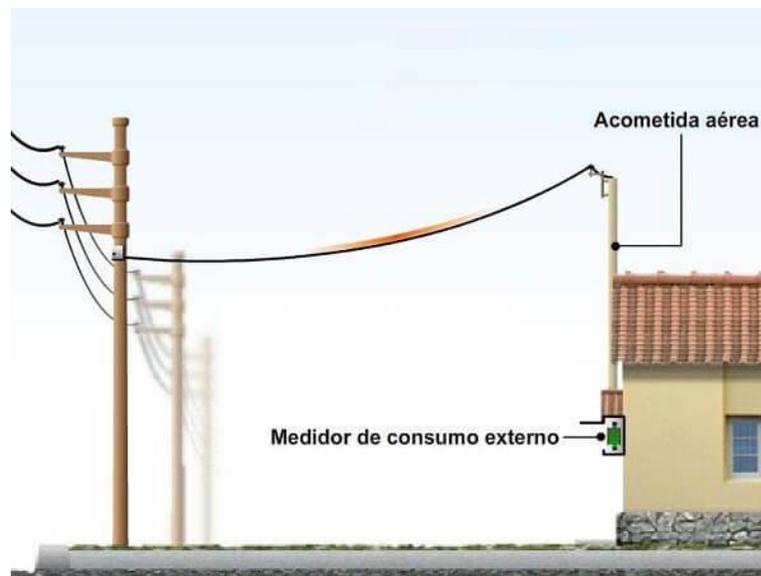
## 2.6 Componentes de un sistema solar fotovoltaico

### 2.6.1 Acometida Eléctrica

Una conexión eléctrica es un medio para suministrar energía al punto de instalación del usuario, que puede ser aéreo o subterráneo. Consiste en todas las partes o dispositivos, como conectores y accesorios, para conectar una red de distribución de energía al sistema de infraestructura al que se sirve. [23]

#### Acometida aérea

Son un conjunto de conductores aéreos entre la estación u otro soporte aéreo de una empresa de distribución y el conductor de entrada de una vivienda u otra estructura, como se visualiza en la figura 11. [23]



**Figura 11:** Acometida aérea  
Fuente: Guía para instalaciones eléctricas

#### Acometida subterránea

Son una agrupación de conductores subterráneos entre la carretera y el primer punto de conexión al conector de entrada de la vivienda u otra estructura, como se observa en la figura 12. [23]



**Figura 12:** Acometida subterránea  
Fuente: Guía para instalaciones eléctricas

### 2.6.2 Batería RITAR 12-100

Una batería es un equipo de almacenamiento de electricidad en forma química y luego la libera de manera controlada como corriente continua. La serie RT es una batería de uso general que se muestra en la figura 13, con una vida útil aproximada de 6 a 8 años en servicio flotante, cumple con los estándares IEC, GB/T, JIS, YD/T y BS, su tecnología avanzada de control de válvulas AGM y materias primas de alta pureza que dispone la serie RT mantener una alta consistencia para un mejor rendimiento y un tiempo de espera confiable. Es adecuado para aplicaciones UPS/EPS, sistemas de seguridad, equipos médicos, iluminación de emergencia. [24]



**Figura 13:** Batería RA 12-100  
Fuente: Ficha técnica RA 12-100

### 2.6.3 Inversor Phoenix 250 VA

El inversor Phoenix convierte la corriente continua en corriente alterna, puede ser trifásica, monofásica además de bidireccional, con la función de un convertidor AC/DC; que no solo convierte la corriente, sino que también controla el valor (RMS) de la tensión de salida además de modularla, porque sabemos que la presencia de armónicos reduce la eficiencia de la carga y de ella misma. [25]

El convertidor de frecuencia también supervisa información y comandos, la derivación DC-AC en el inversor se obtiene al pasar la corriente en un sentido y el otro en ciclo inverso 100 veces por segundo hasta conseguir la frecuencia deseada, en este caso 50 Hz, la mayoría de los convertidores tienen esta función. [25]

Las funciones que posee el inversor Phoenix que corresponde a la figura 14, son[25]:

- Diagnostico LED
- Modo ECO
- Potencia de arranque elevada
- Fiabilidad
- Conmutador para la transferencia automática
- Interruptor on-off remoto



**Figura 14:** Inversor Phoenix

Fuente: Ficha técnica Inversor Phoenix

#### 2.6.4 Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/15

Los cargadores solares utilizan la última y más rápida tecnología para capturar energía de los paneles solares y almacenarla en baterías. BlueSolar maximiza la extracción de energía y la gestiona de forma inteligente para conseguir la máxima carga en el menor tiempo posible. BlueSolar cuida la salud de tu batería, alargando su vida. [26]

Las funciones que poseen los controladores BlueSolar MPPT 75/15 de la figura 15 son [26]:

- Selección de datos en pantalla en tiempo real
- Optimización de la gestión de la batería
- Software para la programación de la carga de batería
- Salidas de carga
- Supervisión ultra rápida del punto máximo de potencia



**Figura 15:** Controlador de carga MPPT 75/15

Fuente: Ficha técnica del Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/15

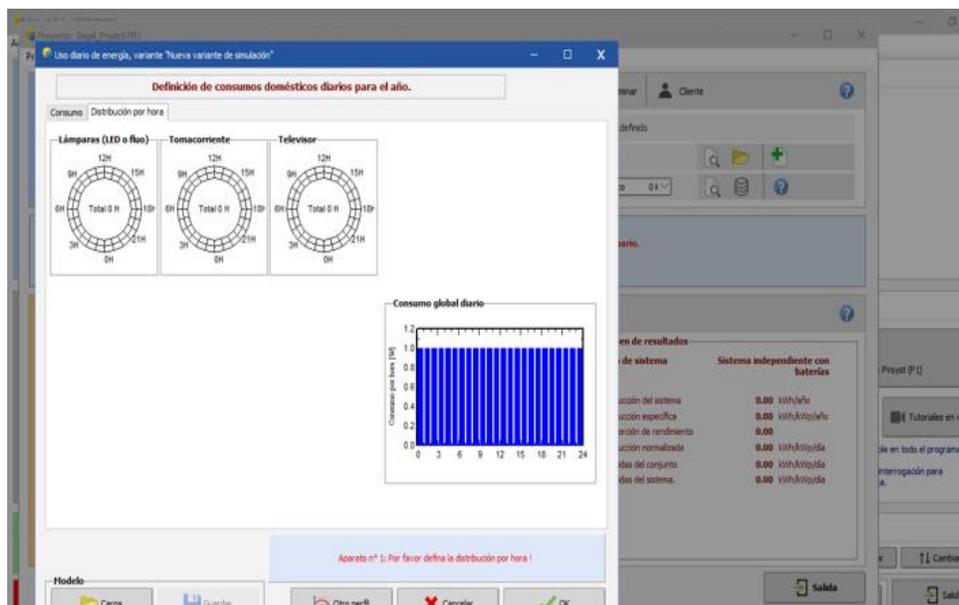
#### 2.6.5 Software PVsyst photovoltaic

Es un software de simulación e investigación de sistemas fotovoltaicos ampliamente utilizado creado en 1993 en la Universidad de Ginebra (CUEPE), con la ayuda financiera de la Oficina Federal de Energía de Suiza, actualmente se considera una herramienta de

referencia en la materia a nivel internacional con una distribución en 60 países. Las características del programa posibilitan la determinación eficiente y eficaz del tamaño óptimo del sistema fotovoltaico. [27]

Este es un programa que permite explorar completamente los datos de telemetría y estudiar los datos para el modelado de sistemas fotovoltaicos, como se muestra en la Figura 16, utilizando una base de datos meteorológica, el programa permite dimensionar tu instalación en función de la radiación solar recibida desde tu ubicación, permitiéndote visualizar diseños tridimensionales y el movimiento histórico del sol a través de imágenes simuladas. [27]

Además, tiene la funcionalidad de diseñar cables de paneles fotovoltaicos, cuales pueden conectar en serie o paralelo, y tiene la funcionalidad de mostrar el voltaje y corriente en el sistema. [28]



**Figura 16:** Vista del Software PVsyst

Fuente: Autor

## **2.7 Factores Ambientales**

Los factores ambientales son determinantes importantes de la salud de la población, y muchos problemas y desafíos de salud que enfrentan los humanos están relacionados con cuestiones ambientales. La presión sobre los recursos naturales amenaza la salud, la sociedad y desarrollo; el origen de conceptos, como el síndrome de perturbación ambiental o las preocupaciones regionales sobre el agotamiento del capital ecológico y biofísico parecen estar estrechamente relacionadas con la salud.[29]

La EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) es una herramienta ambiental que mejora la toma de decisiones a nivel de política, plan, programa y proyecto porque incluye variables que no se han considerado antes al planificar, desarrollar o implementar. La investigación de impacto ambiental en un contexto contemporáneo se entiende como un proceso analítico dirigido a predecir los impactos positivos y negativos de las actividades humanas sobre el medio ambiente, permitiendo la selección de alternativas de solución para satisfacer las necesidades del medio ambiente, maximizar los beneficios y minimizar las desventajas por las influencias actuales.[29]

## **2.8 Huella ecológica y de carbono**

El índice ecológico se define como la zona de producción ecológica (bosques, cultivos, pastizales) requerida para producir recursos y absorber desechos.

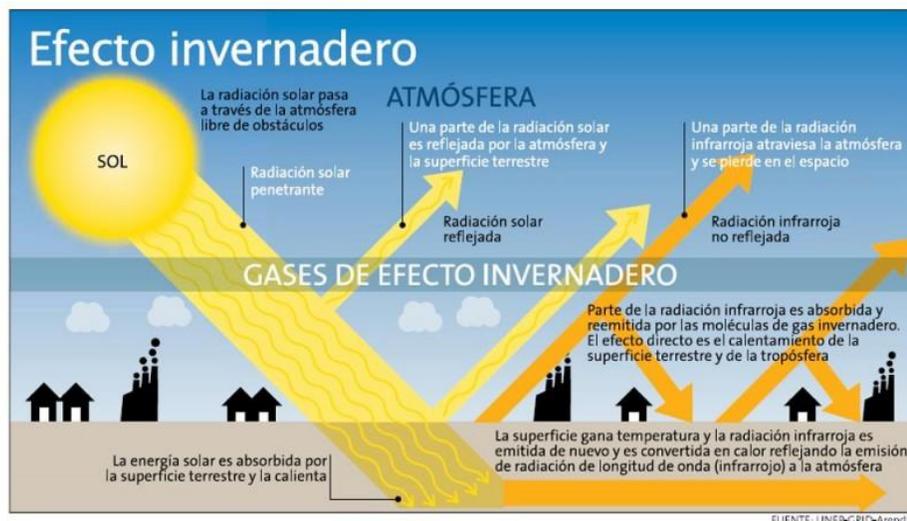
Es un indicador biofísico que calcula la cantidad de superficie ecológica producida que una comunidad (país, región o ciudad) necesita para atender su consumo y asimilar los residuos. En este sentido, la evaluación ambiental también puede entenderse como una herramienta de contabilidad ambiental, tiene como objetivo recopilar información sobre los diversos impactos de la actividad económica en la biosfera. [30]

Una huella de carbono es una métrica utilizada para medir la cantidad de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero emitidos por un individuo, país o empresa durante un período de tiempo. Según la “Herramienta para el cálculo del factor de emisión de CO<sub>2</sub> para un sistema eléctrico” se calcula la masa estimada de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la

atmósfera, por cada unidad de MWh de energía eléctrica generada en base a la combustión de combustible fósil. (Haro Estrella, 2021)

Como se muestra en la Figura 17. Mientras que el dióxido de carbono es un gas producido por plantas, humanos y animales, la quema de hidrocarburos ha aumentado sus concentraciones a niveles peligrosos, alterando equilibrio natural y elevando la temperatura de la Tierra, creando así un fenómeno conocido como calentamiento global. [31]

La definición de huella de carbono puede expresarse como una parte específica de un concepto más general, como la huella ecológica, aunque son conceptos diferentes, el objetivo final de ambos es conseguir indicadores clave para combatir el cambio climático y diseñar estrategias de desarrollo sostenible. [30]



**Figura 17:** Efecto invernadero

Fuente: Manual de aplicación de la huella de carbono

### 3 CAPÍTULO III: METODOLOGIA

#### 3.1 Metodología

Para realizar la ejecución del proyecto, se realizaron visitas técnicas para conocer la locación en el cual se pondrá en funcionamiento el sistema solar fotovoltaico y la recopilación de información sobre el ingreso económico de los habitantes, el generador de combustión, datos técnicos de las instalaciones eléctricas y la zona dentro de la comunidad Masa 2.

Acorde a la información se realiza un análisis para el dimensionamiento de las cargas dentro de la vivienda y su tiempo de funcionamiento, mediante el software PVsyst según el índice de irradiación de la zona obtendrán los resultados de producción de energía solar anual para tener un aproximado real del sistema y a través del diagrama para el análisis del ahorro económico de la fuente de energía.

La Carrera de Ingeniería Eléctrica a cargo del desarrollo del proyecto, le designo a cada grupo una casa a cargo para ayudar a la comunidad con el servicio de electricidad, la Figura 18 muestra la vivienda donde se implementó este proyecto.



**Figura 18:** Vivienda del Proyecto

Fuente: Autor

### 3.2 Detalles de la vivienda

La vivienda es habitada por una persona con discapacidad que es favorecido con el bono de desarrollo siendo su única fuente de ingreso y se abastece de energía eléctrica por medio del generador de combustión de 2,2 KW que utiliza la comunidad y funciona en un intervalo de 4 horas diarias.

Según los datos de los puntos eléctricos del circuito interno de la vivienda, se realiza la tabla 1 que detalla el consumo de energía eléctrica diaria en Vatios hora (Wh).

<b>Equipos Eléctricos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo de uso (h)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Energía Diaria (Wh/día)</b>
Lámparas Led	3	5 h	9 W	135 Wh/día
Tomacorriente	2	4 h	30 W	240 Wh/día
Televisor	1	3 h	100 W	300 Wh/día
<b>Total</b>				675 Wh/día

**Tabla 1:** Calculo de la demanda aproximada

Fuente: Autor

### 3.3 Estudio de demanda

Un factor importante en el desarrollo económico de cualquier industria es la disponibilidad de fuentes de energía baratas, adecuadas y confiables. Por lo tanto, es importante poder determinar el comportamiento actual y futuro de la demanda eléctrica, teniendo en cuenta el impacto potencial de variables políticas, económicas, sociales, ambientales y tecnológicas. [32]

#### 3.3.1 Análisis de la demanda del sistema

El objetivo es utilizar la metodología y el modelo de pronóstico de la demanda eléctrica en los sectores de energía y electricidad por espacio o el sector, y así evaluar los parámetros del consumo de energía de los usuarios, la información disponible de demanda de potencia y como será distribuida. [32]

### 3.3.2 Demanda del circuito de iluminación

La proyección de la demanda se realiza utilizando la tabla 1 y su descripción de los equipos eléctricos dentro de la vivienda, se utilizarán 3 focos de 9 W, 2 colocados en el interior y 1 para el área externa de la vivienda.

Según a la siguiente ecuación, se define el consumo esperado del circuito de iluminación.

**De = Demanda esperada**

$P_d$  = Potencia del equipo

$N_d$  = Cantidad de equipos

$t$  = Tiempo de uso

$$\mathbf{De = P_d * N_d * t}$$

**Ecuación 2:** Demanda esperada

$$De = 9W * 3 \text{ focos} * 5 \text{ h}$$

$$De = 135 \text{ Wh/día}$$

### 3.3.3 Demanda del circuito de tomacorriente

La proyección de la demanda se realiza utilizando la tabla 1, se utilizarán 2 tomacorrientes de 30 W, 2 colocados en el interior de la vivienda.

Según a la siguiente ecuación, se define el consumo esperado del circuito de tomacorriente.

$$De = 30W * 2 \text{ tc} * 4\text{h}$$

$$De = 240 \text{ Wh/día}$$

### 3.3.4 Demanda del circuito de Televisión

La proyección de la demanda se realiza utilizando la tabla 1, se utilizarán 1 circuito de TV de 100 W, en la sala de la vivienda.

Según a la siguiente ecuación, se define el consumo esperado del circuito de televisión.

$$De = 100W * 1 tv * 3 h$$

$$De = 300 Wh/dia$$

### 3.3.5 Demanda diaria máxima

La tabla del circuito energético de la demanda diaria máxima se muestra en la Tabla 2, las cargas serán abastecidas por el sistema solar fotovoltaico, se muestra la capacidad de demanda total de energía proporcionada a proveer.

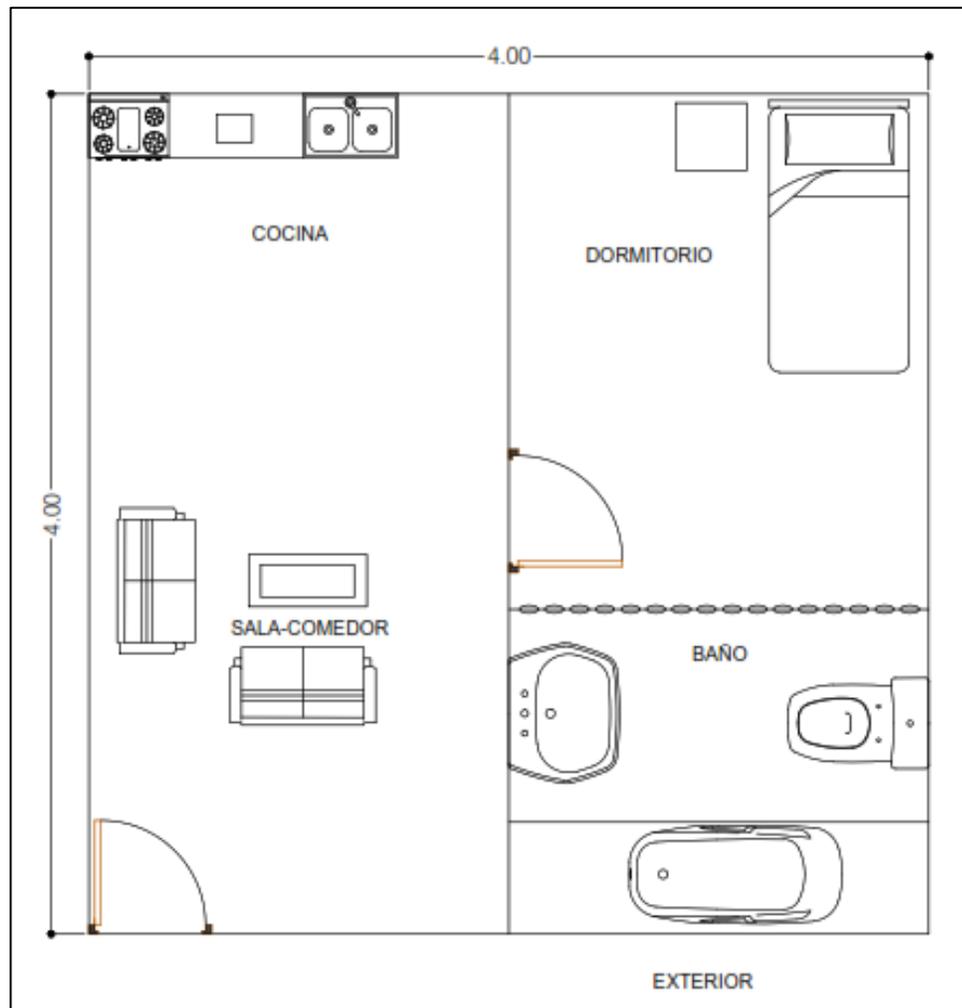
PLANILLA DEL CIRCUITO ENERGETICO DE LA VIVIENDA					
Circuito Eléctrico				Demanda diaria	
Ítem	Descripción	Cantidad	Potencia	Tiempo	Energía
			Unidad (W)	(h)	(Wh/día)
1	Iluminación Interior Sala	1	9	5	45
2	Iluminación Interior Dormitorio	1	9	5	45
3	Iluminación Exterior	1	9	5	45
4	Tomacorriente Sala	1	30	4	120
5	Tomacorriente Dormitorio	1	30	4	120
6	Televisión	1	100	3	300
<b>Demanda Máxima diaria de Energía</b>					<b>675 Wh/día</b>

**Tabla 2:** Demanda máxima diaria de la vivienda

Fuente: Autor

### 3.4 Plano Arquitectónico de la vivienda

La figura 19 muestra una vista aérea del plano arquitectónico de la vivienda con medidas de 4 metro de largo y 4 metros de ancho, que especifica el espacio interior en el cual se adaptará el subsistema para el sistema solar fotovoltaico para el ahorro energía, se puede consultar en el Anexo 5 para obtener más detalles del diseño.

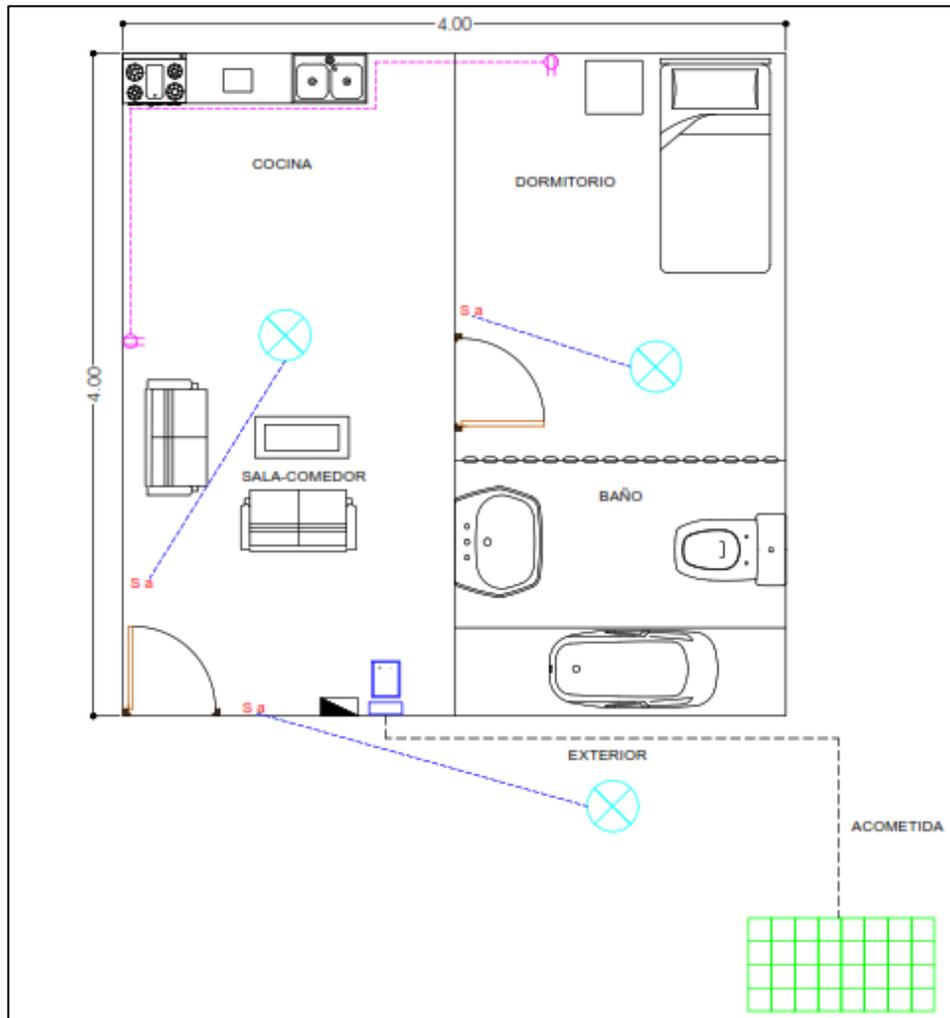


**Figura 19:** Plano Arquitectónico de la Vivienda

Fuente: Autor

### 3.4.1 Plano Eléctrico de la vivienda

La figura 20 muestra una vista superior del plano de los circuitos eléctricos de la vivienda, que especifica la ubicación de los circuitos de iluminación, tomacorriente, interruptor y a su vez la localización del subsistema conectado al panel de distribución principal y al panel solar fotovoltaico, se puede consultar en el Anexo 6 para obtener más detalles del diseño.



### 3.5 Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico

Para diseñar un sistema fotovoltaico, se utilizan ecuaciones que ayudan a determinar la eficiencia de los dispositivos que componen el sistema, seguidas de una representación detallada de cada factor de dimensión.

#### 3.5.1 Angulo óptimo de inclinación

Para calcular el ángulo de inclinación, se tiene que orientar el panel hacia el sur para un índice mayor de radiación solar perpendicular a la superficie para obtener mayor eficacia, se emplea la siguiente ecuación.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\theta|$$

**Ecuación 3:** Angulo óptimo de inclinación

Donde,

$\theta$ =Latitud

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|2.0798|$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 1,43$$

$$\beta_{opt} = 5,13^\circ$$

$$\beta_{opt} = 15^\circ$$

Cuando el ángulo es menor a  $15^\circ$ , se utiliza este como valor del ángulo óptimo de inclinación.

#### 3.5.2 Demanda total del sistema

La energía producida por los paneles fotovoltaicos requiere principalmente de factores externos y de las pérdidas de radiación solar en el lugar de instalación, las cuales pueden ser provocadas por diversos factores como la potencia proporcionada por el inversor, la batería y conexión, el factor utilizado es del 90%, por ello se emplea la siguiente ecuación:

### **D = Demanda de Energía diaria**

$$D = \frac{D_{cc}}{N_{bat}} + \frac{D_{ca}}{N_{bat} * N_{inv}} * (1)$$

**Ecuación 4:** Demanda diaria de energía

Donde,

$D_{ca}$ : Energía diaria consumida en c. a

$D_{cc}$ : Energía diaria consumida en c. c

$N_{bat}$ : Rendimiento de la batería

$N_{inv}$ : Beneficio del inversor

El consumo de energía es igual a 0, ya que el circuito de baja tensión es en base a la corriente alterna.

Se coloca como factor de rendimiento de los equipos del subsistema el 90 % para realizar el cálculo.

Se va a obtener una demanda diaria de:

$$D = \frac{0}{0,90} + \frac{675 \text{ Wh/dia}}{0,90 * 0,90} * (1)$$

$$D = 833,33 \text{ Wh /dia}$$

### 3.5.3 Dimensionamiento del banco de baterías

La capacidad del banco de baterías se calcula basándose en el 70% de la profundidad de descarga.

Se emplea la siguiente ecuación para obtener la capacidad:

**$C_{ne}$  = Capacidad del banco de baterías**

$$C_{ne} = \frac{E_{cm} * D_{aut}}{V_{sb} * M_{pd}}$$

**Ecuación 5:** Capacidad del banco de batería

Donde,

$E_{cm}$  = Consumo máximo de energía

$M_{pd}$  = Descarga máxima de fondo

$V_{sb}$  = Voltaje del sistema de baterías

Con los siguientes datos se obtiene la capacidad del sistema:

$$C_{sb} = \frac{833,33 \text{ Wh} * 3 \text{ das}}{12\text{Vdc} * 70\%}$$

$$C_{sb} = 297,61 \text{ Ah}$$

En base a los datos del cálculo, se dimensiona la cantidad de baterías necesarias para almacenar la energía que se va a emplear dentro del sistema.

El número de baterías que se van a usar en conexión serie para el sistema solar de la vivienda se emplea el siguiente calculo:

**$V_{sb}$  = Voltaje del sistema de baterias**

$$V_{sb} = N_s * V_b$$

**Ecuación 6:** Voltaje del sistema de baterías

Donde,

$V_b$  = Voltaje de la bateria

$N_s$  = Baterias en serie

Se calcula el número en serie de las baterías, con la ecuación:

$$N_s = \frac{V_{sb}}{V_b}$$

**Ecuación 7:** Baterías en serie

$$N_s = \frac{24}{12}$$

$$N_s = 2$$

Se necesitan dos baterías en serie para almacenar la energía que genera la instalación solar fotovoltaico o como segunda alternativa una batería con la capacidad suficiente requerida en el sistema.

### 3.5.4 Dimensionamiento del controlador de carga

El tipo de MPPT puede ser incorporado o externo al inversor, depende de los parámetros del diseñador, pero en ambos casos es necesario calcular la corriente máxima que debe llevar el regulador en su entrada y salida.

#### $I_{in}$ = Corriente de entrada del regulador

$$I_{in} = F_s * I_{mod} * N_p$$

**Ecuación 8:** Corriente de entrada del regulador

Donde,

$I_{mod}$  = Corriente de corto circuito del panel

$F_s$  = Factor de seguridad

$N_p$  = Numero de ramas en paralelo

$$I_{in} = 1,25 * 10,6 * 1$$

$$I_{in} = 13,36 \text{ A}$$

Para el cálculo de la corriente de Salida, se utiliza la ecuación:

#### $I_{sal}$ = Corriente de salida del regulador

$$I_{sal} = \frac{F_s * (P_{dc} + \frac{P_{ac}}{Niv})}{V_b}$$

**Ecuación 9:** Corriente de salida del regulador

Donde,

$P_{dc}$  = Potencia de carga DC

$P_{ac}$  = Potencia de carga AC

$$I_{sal} = \frac{1,25 * (0 + \frac{187}{0,9})}{24}$$

$$I_{sal} = 10,82 \text{ A}$$

### 3.5.5 Dimensionamiento del inversor

Se procede al cálculo del inversor, se escoge el tipo de MPPT puede ser incorporado al inversor o externo dependiendo de los parámetros del diseñador, pero en ambos casos es necesario calcular la corriente máxima que debe soportar el regulador.

La potencia máxima consumida por el inversor (potencia pico) está dentro del rango de funcionamiento normal, para calcular el número de módulos fotovoltaicos conectados en serie, se utilizará la siguiente ecuación:

Donde,

$$P_t = \text{Potencia total}$$

$$P_p = 1,20 * (P_t)$$

**Ecuación 10:** Potencia pico

$$P_p = 1,20 * (187)$$

$$P_p = 224,4 \text{ W}$$

### 3.6 Sistema Solar Fotovoltaico Propuesto

La Tabla 3 muestra la selección de dispositivos en el sistema fotovoltaico, que fueron utilizados durante el proyecto de la comunidad Masa 2; en la que se introduce en detalle las características como:

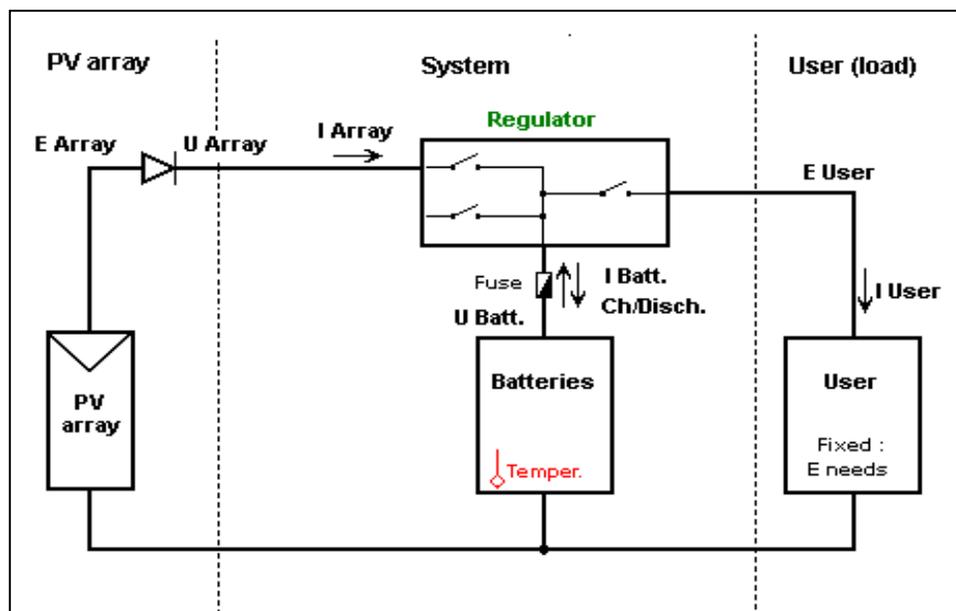
- Voltaje
- Potencia
- El valor unitario de los equipos del sistema solar.

CARACTERISITCAS DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA						
Ítem	Descripción del equipo	Cant.	V. sistema	Potencia	Precio Unitario	Precio total
1	Jinko Solar JMK 405 M-72H-V	1	24	405 W	\$187,64	\$187,64
2	Ritar Power RA12-100	2	24	N/A	\$233,82	\$467,64
3	Smart Solar MPPT 75/15	1	24	270 W	\$150,10	\$150,10
4	Phoenix Inversor 24/250 120V	1	24	250 VA	\$205,70	\$205,70
TOTAL					\$777,26	\$1.011,08

**Tabla 3:** Cacteristicas de los equipos del sistema

Fuente: Autor

La Figura 21 muestra un diagrama de conexión unifilar para un sistema solar propuesto para una residencia en Masa 2.



**Figura 20:** Diagrama Unifilar del Sistema Solar Fotovoltaico

Fuente: Autor

### 3.7 Simulación del sistema en el Software PVsyst

En simulaciones con el software PVsyst presenta los diferentes comportamientos del sistema para optimizar la función, con la entrada correcta de parámetros que representan el sistema nos va a proporcionar diagramas donde se visualiza el sistema de producción solar en el área.

Para ello, se detalla las necesidades del usuario donde se colocan los equipos y su consumo diario en Vatios y el tiempo de funcionamiento, al igual que la distribución horaria en el cual el equipo está en funcionamiento. Como se muestra en la Figura 22 donde se introducen cada electrodoméstico que existen dentro de la vivienda para obtener su consumo doméstico diario durante el año.

Definición de consumos domésticos diarios para el año.

Consumo | Distribución por hora

**Consumos diarios**

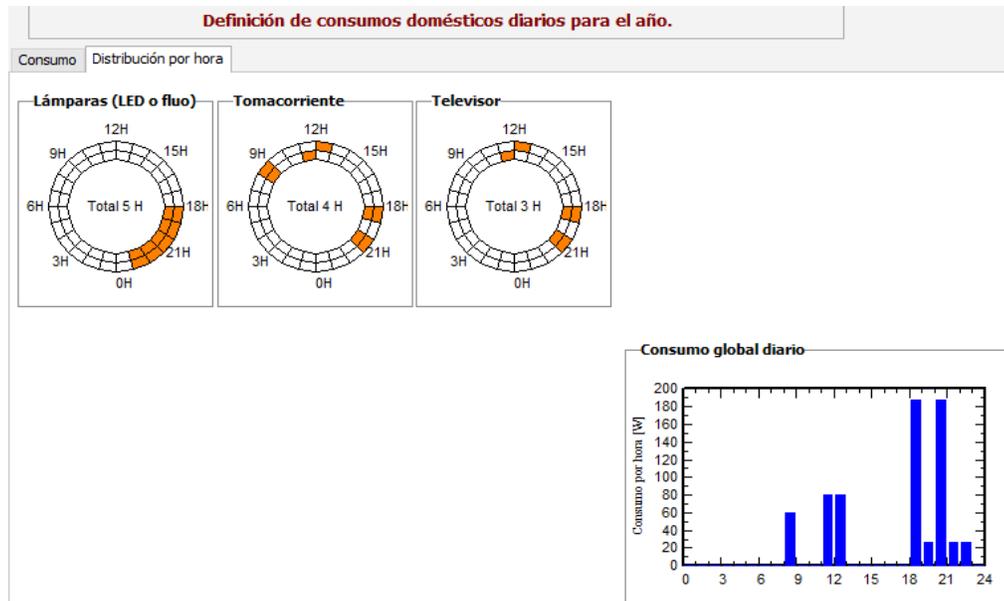
Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
3	Lámparas (LED o fluo)	9 W/lámpara	5.0 h/día	OK	135 Wh
2	Tomacorriente	30 W/apar.	4.0 h/día	OK	240 Wh
1	Televisor	100 W/apar.	3.0 h/día	OK	300 Wh
0	Nevera / congelación profunda	0.00 kWh/día	0.0		0 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		0 W tot	24 h/día		0 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>675 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>20.3 kWh/mes</b>

Info aparatos

**Figura 21:** Consumos domésticos diarios

Fuente: Software PVsyst

En la Figura 23, se detalla cual va a hacer el consumo total por cada electrodoméstico que exista en la vivienda y en qué periodo del día se obtiene un mayor consumo de energía eléctrica lo cual permitirá seleccionar de manera correcta los equipos a utilizar en el proyecto en beneficio a la comunidad.



**Figura 22:** Distribución del consumo doméstico diario  
Fuente: Software PVsyst

Dentro del programa cuenta con un extenso catálogo de equipos que se presenta en la Figura 24 para seleccionar los equipos dependiendo a las características del sistema para ser más próximos a la realidad con respecto a los resultados de la simulación. Es decir, donde se colocan los valores con de la potencia en relación a los electrodomésticos que se tiene en el domicilio para que el simulador indique que diseño o equipo utilizar para la implementación del proyecto.

**Necesidades diarias prom.** Ingrese PL/OL aceptado:  % Voltaje de la batería (usuario):  V

**0.7 kWh/día** Ingrese autonomía solicitada:  día(s) Capacidad sugerida: **265 Ah**

**Potencia FV sugerida: **222 Wp (nom.)****

Pre-dimens. detallado

---

Almacenamiento Conjunto FV Respaldo Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto:  
 Nombre:  Inclinación:   
 Oriente: **Plano inclinado fijo** Azimut:

**Ayuda de pre-dimensionamiento**  
 Sin dimensionar  Ingrese potencia planeada:  kWp  
 m<sup>2</sup> o área disponible

**Seleccione el módulo FV**  
 Ordenar módulos:  Potencia  Tecnología  
 Inkosolar  Si-mono  Desde 2020 Datasheets 2020 Abrir  
 Módulos necesarios aprox/Voltajes de dimensionamiento:  $V_{mp}$  (60°C): 35.6 V  $V_{oc}$  (-10°C): 55.2 V

**Seleccione el modo de control y el controlador**  
 Controlador universal  Convertidor de potencia MPPT  
 Corriente máx. de carga-descarga:   SmartSolar MPPT 75/15 24V Abrir  
 Modo operativo:  Acoplamiento directo  Convertidor MPPT  Convertidor CC-CC  
 Número controladores:  Voltaje de operación MPP: **29-70 V** Potencia controlador: **440 W**  
 Voltaje máximo de entrada: **75 V** Batería asociada: **24 V**

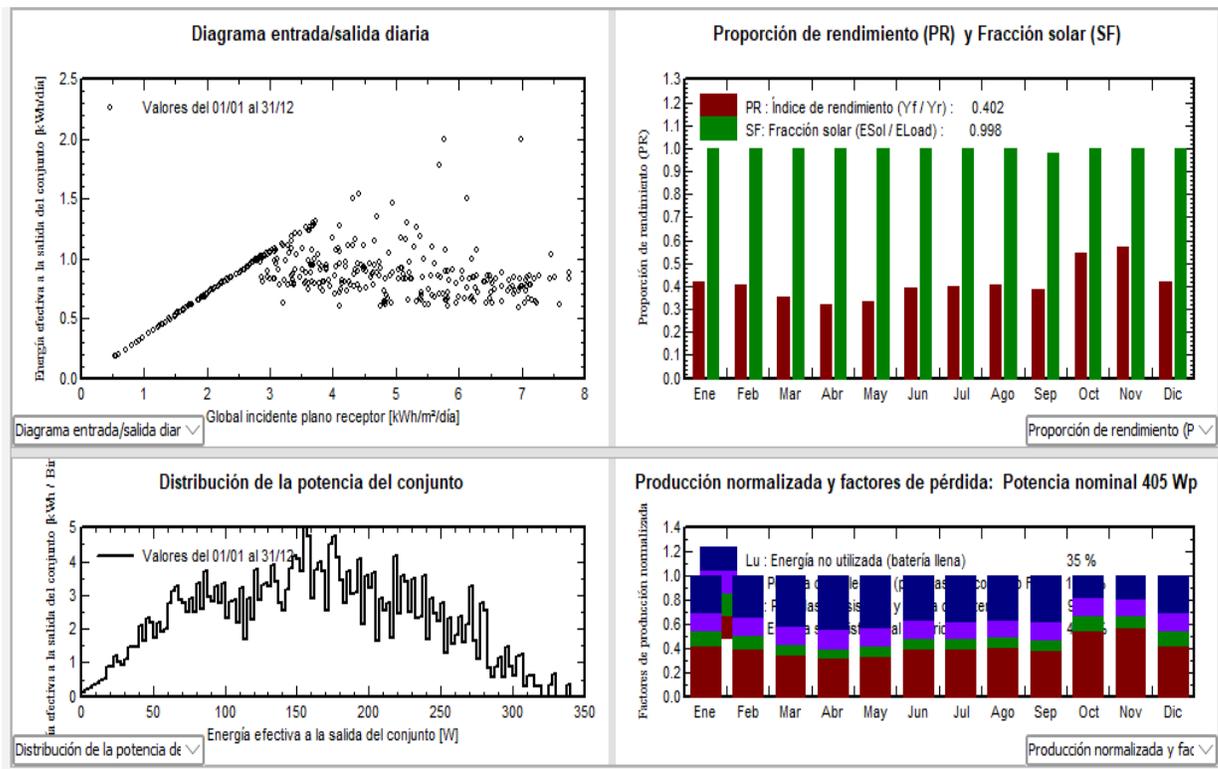
**Diseño del conjunto FV**  
 Número de módulos y cadenas: **1** Mód. en serie  debe ser/restar:  entre 1 y 1  entre 1 y 1  
 N.º de cadenas:   entre 1 y 1  
 Pérdida sobrecarga: **0.0%** Potencia de funcionamiento máx.: **0.5 kW**  
 Proporción Phom: **0.92** (en 1000 W/m<sup>2</sup> y 50°C)  
 Núm. de módulos: **1** Área: **2 m<sup>2</sup>** **Potencia nom. conjunto (STC) 405 Wp**

La potencia del controlador está ligeramente sobredimensionada.

Necesid. usuario	Hogar	Potencia prom.	28 W	
	Proporción nocturna	49.6%	Energía día	0.68 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	1 en paralelo, 24 V	Capacidad	100 Ah	
	Autonomía	2.8 día	Energía almacenada	1.92 kWh
<b>Conjunto FV</b>	1 cadena(s) de 1 módulos	Potencia nom.	405 Wp	
	PV/PLoad	14.4	Energía prom. día	1.16 kWh
<b>Controlador</b>	Convertidor MPPT	Potencia nom.	440 W	
	PV/PConv	0.92	Umbral	según los vol

**Figura 23:** Catálogo de los equipos del sistema  
Fuente: Software PVsyst

Luego de tener el dimensionamiento de los equipos, se va a ejecutar la simulación que presenta cuatro diferentes tipos de diagramas en los cuales se pueden analizar la producción de energía, rendimiento y distribución diaria de carga en el sistema solar fotovoltaico, en la figura 25 se puede analizar el resultado de la simulación, para visualizar el reporte completo que proporciona el programa, dirigirse al anexo 7.



**Figura 24:** Resultado de la simulación

Fuente: Software PVsyst

### 3.8 Implementación del sistema solar fotovoltaico

Se describe en detalle el proceso de implementación del sistema con los equipos seleccionados en la Tabla 3, esta sección mostrara los siguientes puntos instalación:

- Estructura del soporte metálico
- Instalación de la varilla de tierra
- Montaje del panel solar
- Estructura metálica del subsistema
- Circuitos eléctricos de la vivienda

- Sistema de protección

### 3.8.1 Estructura del soporte metálico

Para el montaje del soporte metálico donde estará posicionado el panel solar hay que delimitar el área y excavar para poner fundir la base de la estructura. El material utilizado para crear el soporte es hierro y las dimensiones son 1 metro del largo y 1 metro de ancho con un espesor de 2mm, para la base de 60 cm de largo y 50cm de profundidad del encajonado, se soldaron varillas con alambre y fue relleno con cemento y el tubo metálico que es la viga de la estructura es un tubo de hierro de 3'' de diámetro y 1,5mm de espesor.

La figura 26 muestra la base y conexión de tierra de la estructura metálica.



**Figura 25:** Base de la estructura metálica

Fuente: Autor

La instalación del soporte del tubo de hierro con la capacidad para colocar el panel fotovoltaico se muestra en la Figura 27.



**Figura 26:** Soporte de hierro

Fuente: Autor

### 3.8.2 Instalación de la varilla puesta tierra

La instalación de la varilla de tierra es para poner a tierra el componente. Un conductor en un circuito que sirve para aislar el flujo de electricidad, averías y garantizar la protección de la instalación y los equipos. [33] Para ello, se colocan varillas de cobre en el interior de la base de la estructura metálica.

En la Figura 28 se puede visualizar la instalación de picas de tierra dentro del área.



**Figura 27:** Instalación de la varilla metálica

Fuente: Autor

### 3.8.3 Montaje del Panel Solar fotovoltaico

El diseño de la platina para el montaje del panel solar fue fabricado de 2 metro de largo, 1 metro de ancho y las piezas se soldaron en el tubo de hierro que conforma la estructura metálica.

Las medias del soporte fueron conforme a las medidas del panel solar de selección que se muestra en la Figura 29, para analizar a detalle los datos técnicos del panel estos, se presentan en el anexo 1.



**Figura 28:** Soporte del panel solar

Fuente: Autor

Se realizaron arreglos para asegurar el panel a la estructura y evitar los factores ambientales externos que puedan causar daño a la estructura o daños a la instalación.

### 3.8.4 Estructura para el subsistema de la vivienda

Para colocar los equipos del subsistema se utilizó un plafón de cartón prensado en donde van sujetos los equipos que se van a situar dentro de la vivienda:

- Interruptor termomagnético
- Controlador de carga
- Inversor

La estructura sujeta a la pared por medio de tornillos y canaleta que se observa en la Figura 30, sostiene los equipos del subsistema y realiza la conexión directa al panel de distribución posicionado del lado derecho los equipos, al implementar este soporte se optimiza el espacio de la vivienda ya que es reducido.



**Figura 29:** Estructura del Subsistema fotovoltaico

Fuente: Autor

### 3.8.5 Circuitos internos en la vivienda

Se detallan los puntos eléctricos dentro de la vivienda, la tabla 1 presenta los equipos instalados los cuales se le realizó mantenimiento a los circuitos eléctricos.

Los siguientes materiales se utilizan para mantener la instalación dentro de la casa en el pueblo de Masa 2:

- Tubería PVC

Se empleo para realizar la instalación semi visible dentro de la vivienda tubos de PVC de ½ pulgadas, como se muestra en la Figura 31.



**Figura 30:** Instalación de la tubería de PVC

Fuente: Autor

- Caja de montaje

Se cambiaron las cajas octogonales ya que necesitaban mantenimiento, por ello en los circuitos eléctricos de luminaria y tomacorriente se colocaron cajas rectangulares que internamente tienen empalmes de derivación como se presenta en la figura 32.



**Figura 31:** Caja de montaje

Fuente Autor

- Conductor eléctrico

Se utilizaron los conductores eléctricos que van a interconectar el control de una instalación residencial por ello se escogió el cable de 14 AWG para el circuito de iluminación y el 12 AWG para el circuito de tomacorriente.

### 3.8.6 Sistema de protección

El sistema de protección se encarga de proteger los equipos eléctricos de daños causados por ciertas anomalías, por lo tanto, se utilizan dispositivos con esta capacidad, en instalaciones civiles, los disyuntores se utilizan para proteger los circuitos de sobrecarga o cortocircuitos y se coloca dentro de los paneles de una residencia o edificio. [23]



**Figura 32:** Panel de distribución

Fuente: Guía de instalaciones eléctricas

## 4 CAPÍTULO IV: ANALISIS Y RESULTADOS

### 4.1 Resultados de la implementación del sistema fotovoltaico

En esta sección, se explican las pruebas de funcionamiento realizadas en los equipos del sistema fotovoltaico para su instalación y el resultado final del funcionamiento del sistema solar dentro de la vivienda en la comunidad Masa 2.

Para tener un sistema fotovoltaico de energía confiable, se debe realizar la verificación del estado de cada componente que forma parte del sistema, por ello se capacito a los estudiantes asignados al proyecto de en las pruebas de funcionamiento, calidad e instalaciones de los dispositivos.

Se realizo la verificación de la información técnica de los equipos para conocer los parámetros establecidos de función de los mismos, se aplicaron pruebas no operativas de función de los equipos de forma remota en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana una vez adquirido los materiales con la supervisión del Ingeniero Juan Carlos Lata como representante de la coordinación del proyecto y en sitio antes de la instalación de los equipos para verificar las funciones y ajustes internos de los dispositivos como se muestra en la Figura 34.



**Figura 33:** Verificación de los parámetros de

funcionamiento

Fuente: Autor

Los resultados de las pruebas determinan el correcto funcionamiento del equipo y su calidad de funcionamiento para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Posteriormente, al efectuar el montaje de los equipos del subsistema que están ubicados dentro de la residencia se optó por posicionar este junto al panel de distribución de energía para llevar a cabo una instalación más fácil, como se muestra en la Figura 35 y 36.



**Figura 35:** Montaje de la estructura metálica

Fuente: Autor



**Figura 34:** Instalación de los equipos del subsistema

Fuente: Autor

Una vez finalizado el montaje de los dispositivos y la conexión al panel principal de distribución, se ejecutó la puesta en funcionamiento del sistema y verificación de las conexiones de los circuitos eléctricos dentro de la vivienda para comprobar la adecuada operación de los equipos al activar la energía del sistema.

Se puede concluir que en la residencia se estableció un sistema que funciona en condiciones adecuadas para producir y suministrar energía eléctrica en la residencia asignada, como se presenta en la figura 37. Esta ejecución por parte del equipo de trabajo beneficia al residente de la vivienda a tener una mejor calidad de vida y disminución de gastos económicos.



**Figura 36:** Finalización de la instalación del sistema solar fotovoltaico

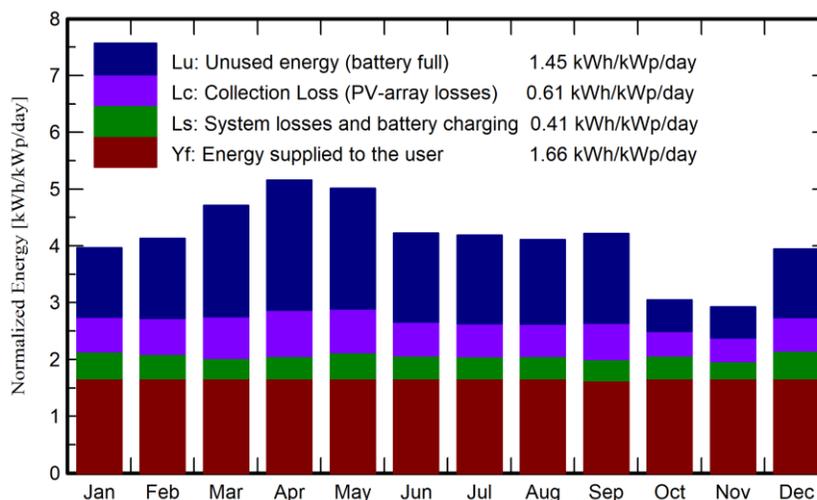
Fuente: Fuente

## 4.2 Resultados de la simulación en el software PVsyst

Los resultados de las simulaciones que proporciona el software PVsyst permite conocer la energía estimada que se va a suministrar conforme con la demanda de cargas dentro de la vivienda.

Al introducir en la base de datos todos los equipos que conforman el sistema solar fotovoltaico se obtiene las características del conjunto FV descentralizado y al detallar los valores diarios de energía en Wh se crea la distribución horaria de las cargas. Se carga en el programa la simulación de la producción de energía que el sistema genera, según los resultados principales en el diagrama de barras de la figura

38, el sistema es capaz de proveer al usuario energía incluso en los meses donde hay menos producción de radiación solar.



**Figura 37:** Producción normalizada de energía (kWh/día)  
Fuente: Software PVsyst

El programa proporciona un balance de los principales resultados, como se muestra en la Tabla 4, donde se presenta la energía cargada, consumo, pérdidas y elementos añadidos del sistema en un año donde indica que existe un índice de energía disponible sin usar en la producción mensual.

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	135.7	118.9	40.92	15.29	0.000	20.93	20.93	1.000
February	122.7	112.5	38.63	15.94	0.000	18.90	18.90	1.000
March	148.5	142.3	49.02	24.48	0.000	20.93	20.93	1.000
April	150.7	151.3	51.87	27.69	0.000	20.25	20.25	1.000
May	145.1	152.1	52.26	26.53	0.000	20.93	20.93	1.000
June	117.7	123.8	42.83	18.86	0.000	20.25	20.25	1.000
July	122.4	126.9	44.14	19.48	0.000	20.93	20.93	1.000
August	123.9	124.4	43.27	18.56	0.000	20.93	20.93	1.000
September	126.8	123.5	42.30	19.13	0.447	19.80	20.25	0.978
October	98.5	91.5	31.27	6.86	0.000	20.93	20.93	1.000
November	94.2	84.8	28.93	6.51	0.000	20.25	20.25	1.000
December	134.5	118.1	40.99	15.02	0.000	20.93	20.93	1.000
Year	1520.7	1470.1	506.44	214.34	0.447	245.93	246.38	0.998

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		

**Tabla 4:** Balance y resultados principales

Fuente: Software PVsyst

Como resolución del análisis del reporte proporcionado por el software PVsyst se deduce que el sistema de acuerdo a los índices de radiación de la zona y los elementos que lo componen van a ser capaz de realizar el suministro de energía sin mayor problema con un índice de pérdida de energía máximo al año de 0,447 kWh.

Para una visualización completa del reporte técnico de la simulación dirigirse al anexo 7.

### 4.3 Tabla de presupuesto

Se presenta el presupuesto en la tabla 5 de los equipos y materiales utilizados para implementar el sistema solar fotovoltaico, los equipos del sistema tienen un plazo de tiempo de vida útil de 5 años, el presupuesto muestra una inversión útil para generar energía eléctrica a través de la radiación solar.

<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción del equipo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
1	Jinko Solar JMK 405 M-72H-V	1	\$187,64	\$187,64
2	Ritar Power RA12-100	2	\$233,82	\$467,64
3	Smart Solar MPPT 75/15	1	\$150,10	\$150,10
4	Phoenix Inversor 24/250 120V	1	\$205,70	\$205,70
5	Estructura Metálica	2	\$75,00	\$150,00
6	Breaker de 20A GE	1	\$5,00	\$5,00
7	Breaker de 15A tipo REALDIN	2	\$5,00	\$10,00
8	Tomacorrientes 120V/30W	2	\$1,50	\$3,00
9	Focos LED 9W	3	\$1,00	\$3,00
10	Interruptor Simple	2	\$1,50	\$3,00
11	Cable AWG #12	50 mts	\$0,60	\$30,00
12	Cable Concéntrico 3x10	20 mts	\$1,50	\$30,00
13	Cajetines Octogonales	3	\$0,50	\$1,50
14	Cajetines Rectangulares	2	\$0,50	\$1,00
15	Caja sobre Puesta Riel Din	1	\$5,00	\$1,00
16	Conector de PVC 1/2	10	\$0,25	\$2,50
<b>TOTAL</b>			\$874,61	\$1.251,08

**Tabla 5:** Presupuesto del proyecto  
Fuente: Autor

#### 4.4 Análisis Económico y ambiental

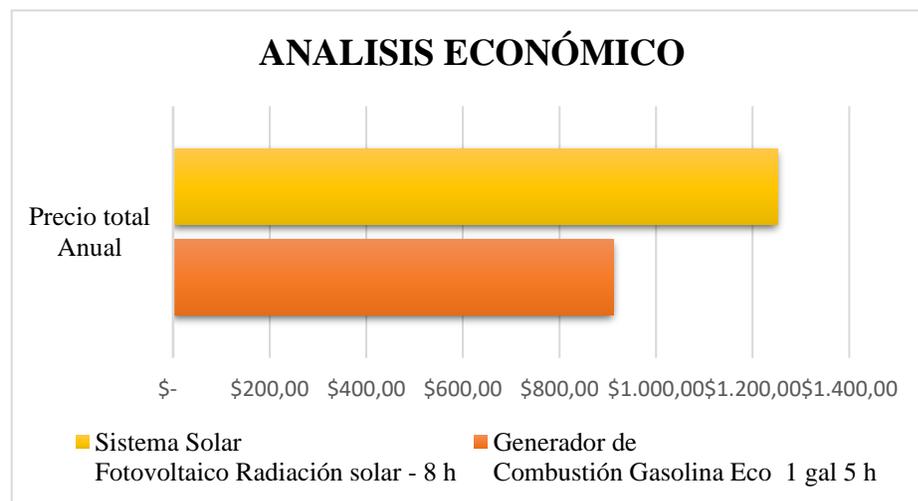
Se realizó el análisis económico ambiental del uso del generador de combustión y el sistema solar fotovoltaico, por medio del uso de diagrama de barras se presentan los datos correspondientes de los resultados.

Para el análisis económico de la figura 39, se utilizaron los datos del generador de combustión utilizado en la comunidad Masa 2 con un tiempo estimado de uso de 5 horas en un periodo de 17:00 pm a 22:00 pm, empleando cinco galones gasolina eco al día. Por parte del sistema se puede usar la tabla 5 como referencia del monto total utilizado.

En la tabla 6 se presentan el análisis de coste económico para el uso anual del generador de combustión y el sistema FV.

Descripción	Recurso	Cantidad diaria	Periodo de Uso	Precio unitario	Precio total Anual
Generador de Combustión	Gasolina Eco	1 gal	5 h	\$ 2,45	\$ 911,40
Sistema Solar Fotovoltaico	Radiación solar	-	8 h	\$ -	\$ 1.251,08

**Tabla 6:** Costo anual del uso del generador y del sistema FV  
Fuente: Autor



**Figura 38:** Diagrama de barras del análisis económico  
Fuente: Autor

Según las cifras del coste económico que se origina al emplear el generador de combustión en el período de un año por el uso de gasolina eco es casi 30% menor

contra el costo de la instalación el sistema solar fotovoltaico en la cual se asegura un tiempo de vida útil de al menos 5 años en los cuales no se deberá tener la misma inversión únicamente el mantenimiento periódico de este.

Esto asegura que el sistema fotovoltaico sea una inversión rentable para reducir el uso del generador en la comunidad Masa 2, a su vez se reitera que la inversión fue realizada por la Universidad Politécnica Salesiana y estudiantes de ingeniería eléctrica que participaron en el proyecto.

En el análisis ambiental se utilizan los términos del capítulo 2 sección 2.8, la huella de carbono nos proporciona el impacto ambiental del efecto invernadero (GEI) del consumo del recurso renovable o no renovable que se utiliza como combustible para generar la energía.

Se plantea el cálculo de la huella de carbono en dos casos diferentes, el primero es el índice dióxido de carbono que produce el generador de combustión y el segundo es el índice utilizando el generador de combustión 70% menos y el sistema solar fotovoltaico al mismo tiempo, para obtener un índice de contaminación ambiental en la zona y como al implementar el sistema FV este disminuye.

La ecuación 1 calcula las emisiones de  $CO_2$ :

Donde,

***A = Fuente de emisiones***

***Fe = Factor de emisión de IPCC***

$$Emis_e = A * Fe$$

**Ecuación 11:** Emisiones de  $CO_2$

El factor de emisión que emite el consumo de la gasolina es de 2,196 kg  $CO_2/L$ , 1 galón de consumo diario equivale a 3,785 L y se estima que se utilizan 31 galones al mes.

$$Emis_e = 31 * 3,785 L * 2,196 kg CO_2/L$$

$$Emis_e = 257,6 kg CO_2$$

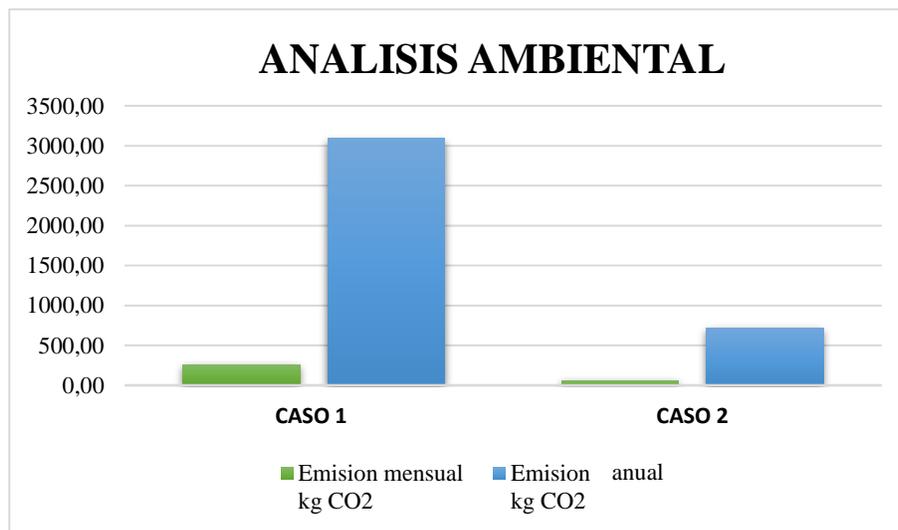
Al implementar el sistema fotovoltaico para abastecer de energía los circuitos eléctricos dentro de la vivienda, se va a emplear el 30% de las horas el uso del generador de combustión, no se puede suspender en su totalidad ya que este alimenta a los circuitos equipos de mayor consumo como lavadoras, refrigeradoras, etc.

De acuerdo con lo mencionado, se estima un nuevo factor de emisión de  $CO_2$  mensual, empleando el generador 40 horas mensuales y empleando 7,2 gal de gasolina al mes.

$$Emis_e = 7,2 * 3,785 L * 2,196 kg CO_2/L$$

$$Emis_e = 59,84 kg CO_2$$

Los resultados nos permiten realizar una comparación de los índices de contaminación por dióxido de carbono que se analizan en la figura 40.



**Figura 39:** Diagrama de barras del análisis ambiental

Fuente: Autor

En conclusión, la implementación del sistema solar fotovoltaico disminuye el índice de emisiones de GEI que se produce por el  $CO_2$ , al utilizar la radiación solar como recurso renovable sin efectos nocivos para el medio ambiente.

## **5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1. Implementado con éxito sistema de generación de energía solar fotovoltaica proporcionar electricidad a hogares designados dentro de la comunidad Masa 2.
2. Se logro proceder sin ningún problema con la recopilación de datos y los parámetros de energía eléctrica que se utilizan en la vivienda asignada.
3. Con los datos técnicos y parámetros de energía se calculó la demanda de carga de los circuitos eléctricos de la vivienda y el dimensionamiento de los equipos en el sistema solar que se detallan en la tabla 2 y 3.
4. De acuerdo a las condiciones del área y los equipos seleccionados como componentes del sistema solar fotovoltaico, se elaboró el diseño en el software PVsyst de un sistema aislado a la red descentralizado el cual se ubica dentro del área de la vivienda.
5. Con la ayuda del software PVsyst se realizó el dimensionamiento del sistema solar y se obtuvo el índice de producción de energía solar de 506, 44 kWh anuales en el área la cual estima el comportamiento real del sistema puesto en funcionamiento.
6. Se realizo la correcta instalación del sistema fotovoltaico, la cual funciona en condiciones establecidas que tiene la capacidad de abastecer la necesidad de cargas dentro de la vivienda.
7. Según los datos adquiridos por medio del análisis económico y ambiental, se puede asegurar que el sistema solar fotovoltaico implementado en la zona es una opción viable para la disminución de coste económico y niveles de emisiones de dióxido de carbono en el área.

## RECOMENDACIONES

1. Se aconseja que al elaborar un estudio de demanda de energía estime un valor para un posible incremento de consumo en el futuro, para que el sistema tenga la capacidad de abastecer al usuario.
2. Se sugiere a los moradores del sector no tener contacto directo con las instalaciones del sistema fotovoltaico para evitar inconvenientes que pueda poner en riesgo su vida, la condición de la instalación y su residencia.
3. Se recomienda a la Universidad Politécnica Salesiana tener discursos o charlas informativas dirigidas a los habitantes de la comunidad Masa 2, con el fin de indicar las medidas de seguridad contra riesgos eléctricos sobre las instalaciones de los sistemas solares y los mantenimientos del mismo.
4. Se aconseja a los habitantes de la comuna Masa 2, conservar la zona donde está ubicada la instalación solar fotovoltaica lo más limpia posible ya que los residuos de eses, partículas de polvo u otro tipo de objeto puede afectar a la captación de radiación solar y disminuir la producción de energía.
5. Se recomienda a los encargados del proyecto de Masa 2, realizar una planificación para los diversos mantenimientos que se deben ejecutar en las instalaciones, además de informar a los habitantes las pautas básicas de un mantenimiento preventivo para que un usuario lo pueda realizar con las medidas de seguridad necesarias.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] CONELEC, “Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental,” *Plan Maest. Electríf. 2013-2022*, p. 380, 2015, [Online]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>.
- [2] Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, “Resumen Ejecutivo,” *Plan Maest. Electr.*, p. 27.
- [3] R. Quecedo and C. Castaño, “Introducción a la metodología de investigación cualitativa,” *Rev. psicodidáctica*, p. 36, 2002.
- [4] R. Ferreira, “La contribución de las Energías Renovables al bienestar,” *Univ. A Coruña*, 2011.
- [5] Ministerio de Energía y Recursos Renovables, “Expansión de la generación,” 2017. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>.
- [6] S. Sepúlveda, “Radiación Solar: Factor Clave Para El Diseño De Sistemas Fotovoltaicos,” *Rev. Mundo FESC*, vol. 8, pp. 60–65, 2014, [Online]. Available: <file:///C:/Users/HP User/Downloads/Dialnet-RadiacionSolar-5109240.pdf>.
- [7] A. E. Ceriz Veléz, “Estudio de la confiabilidad de sistemas fotovoltaicos en el Ecuador y construcción de un generador sola a escala de energía eléctrica a 200W,” *Univ. Católica Santiago Guayaquil*, p. 102, 2010, [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8579/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-102.pdf>.
- [8] V. Diego and O. Freddy, “Mapa Solar del Ecuador 2019,” *SCINERGY*, p. 30, 2019, [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/689>.
- [9] J. Rivera, “VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE INSTALAR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA EN ENTORNOS RESIDENCIALES DE LA CIUDAD DE LOJA,” *Univ. Nac. Loja*, p. 151, 2020.
- [10] L. Aulestia and M. Celi, “Implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad de 20 kW/mes para ser utilizados en instalaciones industriales,” 2017.
- [11] I. Candial Benavente, “Análisis de un sistema fotovoltaico híbrido doméstico,” *Univ. Carlos Iii Madrid Esc. Politécnica Super.*, p. 102, 2015, [Online]. Available: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23575/TFG\\_Ismael\\_Candial\\_Benavente\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23575/TFG_Ismael_Candial_Benavente_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [12] Colegio oficial ingenieros de telecomunicación, *Energía solar fotovoltaica*. 2019.
- [13] CONELEC, “Atlas solar del ecuador,” *Conelec*, pp. 1–51, 2008, [Online]. Available: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf).

- [14] N. Chuquín and F. Maquez, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO),” *Esc. Super. Politec. Chimborazo*, p. 182, 2011, doi: 10.7705/biomedica.v31i0.530.
- [15] O. Perpiñan Lamigueiro, “Energía Solar Fotovoltaica,” p. 186, 2020, [Online]. Available: <http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>.
- [16] L. Basurto, “PLAN DE NEGOCIOS PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA COMERCIALIZACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES EN EL ÁREA RURAL DEL CANTÓN SANTA LUCÍA, PROVINCIA DEL GUAYAS,” 2015.
- [17] N. E. Hernández Rueda and A. X. Ramírez Contreras, “Estudio sobre la sustitución por energías renovables (solar fotovoltaica) en las instituciones educativas de básica primaria y secundaria en Colombia: análisis y posibilidades,” *Univ. St. Tomás*, no. July 2015, p. 128, 2015, [Online]. Available: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/1071>.
- [18] V. F. Martín, “Energías renovables,” 2019.
- [19] J. Alvarado Ladron de Guevara, “Diseño y Cálculo de una instalcion fotovoltaica aislada,” 2018.
- [20] ARCONEL, “Regulación Nro. ARCONEL-003/18,” p. 42, 2018.
- [21] ARCENNR, “Resolucion-ARCERNNR-001-2021,” *Agencia Regul. Y Control Energía Y Recur. Nat. No Renov.*, p. 5, 2021.
- [22] N. T. Ecuatoriana, “NTE INEN-IEC/TS 61836,” 2014.
- [23] ICE, “Guías para instalaciones Electricas,” *Guia de instalaciones electricas*. p. 25, 2009, [Online]. Available: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/1e517f7e-6ca2-4915-8349-0555c8224811/guia+instalaciones+electricas.pdf?MOD=AJPERES&CVID=11DokLf>.
- [24] RITAR, “Rt 12180.” p. 2, 2015.
- [25] Victron energy, “Inversores Phoenix 250.”
- [26] Victron energy, “Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/10 y MPPT 75/15.” p. 2, 2016.
- [27] A. Mermoud, “Technico-economical Optimization of Photovoltaic Pumping Systems Pedagogic and Simulation Tool Implementation in the PVsyst Software Final Report REPIC swiss fund Renewable Energy Promotion in International Co-operation,” *Cent. Univ. D’ÉTUDE*, no. November, p. 50, 2006.
- [28] O. Villao and E. Consuegro, “DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN ZONAS AISLADAS,” *Univ. Politécnica Sales.*, p. 89,

2021.

- [29] V. Cruz, E. Gallego, and L. González, “Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental,” *Univ. Complut. Madrid*, p. 146, 2009, [Online]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>.
- [30] D. Perez Neira, O. De Marco Larrauri, and P. Alvarez Muñoz, “La huella ecológica de las naciones,” 2015. doi: 10.29076/issn.2528-7737vol8iss14.2015pp93-103p.
- [31] M. Recalde, J. Paez, and K. Zumárraga, “La huella de carbono y la campaña de marketing verde,” *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, p. 114, 2018.
- [32] CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), “Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica,” *Plan Maest. Electríf. 2013-2022*, vol. 2, p. 206, 2013, [Online]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol2-Estudio-y-gestión-de-la-demanda-eléctrica.pdf>.
- [33] S. Sinchi and F. Mauricio, “Diseño y determinación de sistemas de puesta a tierra mediante pruebas de campo con elementos comunes utilizados en la región, incluyendo GEM y electrodo químico,” 2017.

Haro Estrella, I. L. (2021). *Informe Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectados de Ecuador*. CENACE. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Factor-de-emision-de-CO2-del-Sistema-Nacional-Interconectado-de-Ecuador-Informe-2021-2.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Hoja de datos del panel solar

www.jinkosolar.com



## Cheetah HC 72M

### 390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell

### PERC



KEY FEATURES



**5 Busbar Solar Cell**

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



**High Efficiency**

Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).



**PID Resistance**

Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.



**Low-light Performance**

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



**Severe Weather Resilience**

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



**Durability Against Extreme Environmental Conditions**

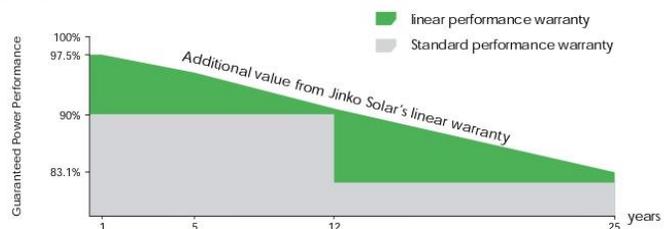
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

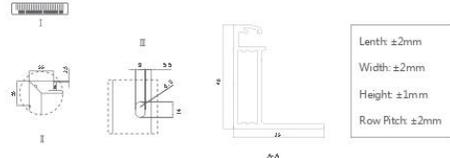
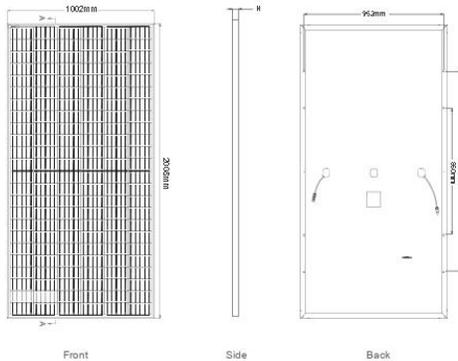
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL 1703 certified product



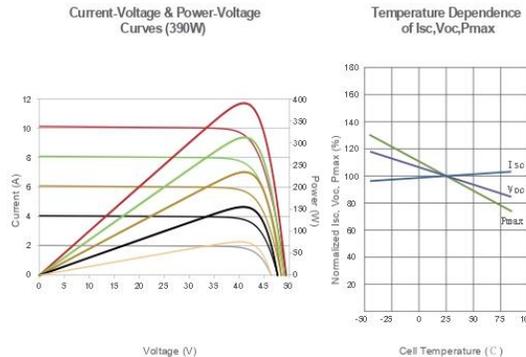
### Engineering Drawings



### Packaging Configuration

( Two pallets = One stack )  
 27pcs/pallet , 54pcs/stack, 594pcs/40'HQ Container

### Electrical Performance & Temperature Dependence



### Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm², (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.26A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

## Anexo 2: Hoja técnica de la batería RITAR RA12-100



### Specification

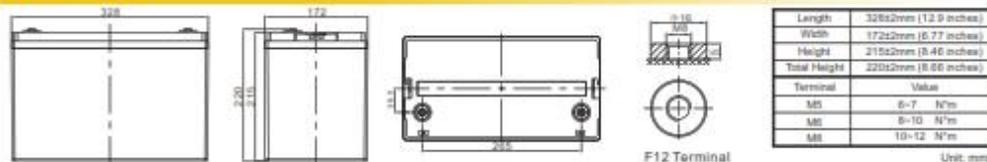
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Nominal Capacity	100Ah@10hour-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 27.5 Kg (Tolerance ± 3.0%)
Internal Resistance	Approx. 6.5 mΩ
Terminal	F5(MB)/F12(MB)/L7
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Short Circuit Current	2150A
Design Life	12 years (Float charging)
Max. Charging Current	30.0 A
Reference Capacity	C3 77.4AH C5 87.0AH C10 100.0AH C20 106.0AH
Standby Use Voltage	13.6 V-13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V-14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C-60°C Charge: 0°C-50°C Storage: -20°C-60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



RA series is a general purpose battery with 12 years design life in float service. It meets with IEC, JIS, BS, GB/T and YD/T standards. With advanced AGM valve regulated technology and high purity raw material, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, Telecom, power grid, medical equipment, emergency light and security system applications.



### Dimensions



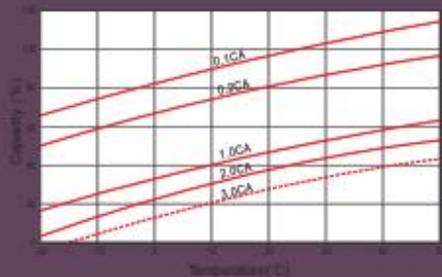
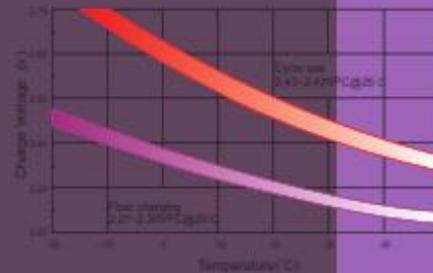
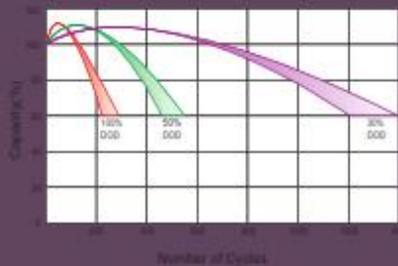
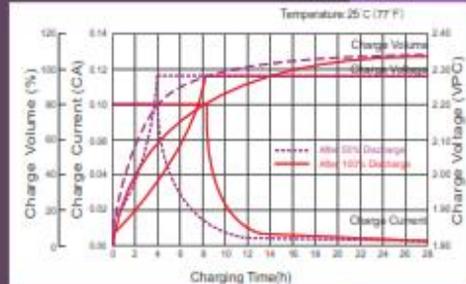
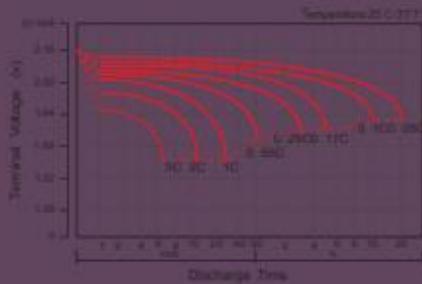
#### Constant Current Discharge Characteristics : A (25°C)

F. V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	224.9	179.8	107.3	61.1	36.4	28.2	22.2	18.9	12.7	10.5	5.52
1.65V	206.8	171.9	103.0	59.0	35.2	27.3	21.6	18.4	12.5	10.4	5.43
1.70V	190.4	161.0	98.5	57.1	34.1	26.6	21.0	17.9	12.3	10.3	5.36
1.75V	174.3	149.9	94.1	55.0	32.9	25.8	20.4	17.4	12.2	10.1	5.30
1.80V	157.8	138.4	90.0	52.9	31.7	25.0	19.9	17.0	12.0	10.0	5.25
1.85V	128.9	114.8	77.5	47.4	29.1	23.1	18.5	15.9	11.2	9.41	4.98

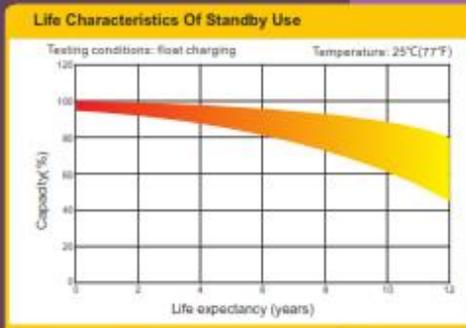
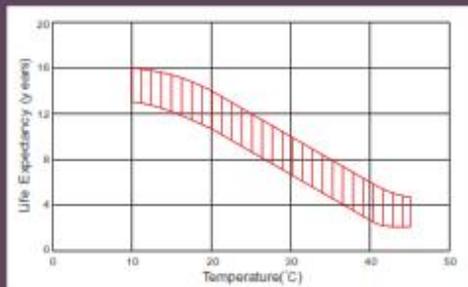
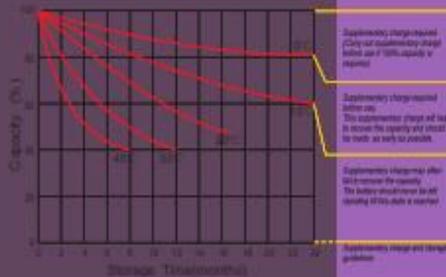
#### Constant Power Discharge Characteristics : WPC (25°C)

F. V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	372.1	320.9	196.9	114.8	69.0	53.9	42.6	36.4	24.8	20.7	10.9
1.65V	358.4	311.3	191.0	111.5	67.1	52.4	41.6	35.6	24.5	20.5	10.7
1.70V	336.0	295.9	184.4	108.6	65.3	51.2	40.6	34.8	24.2	20.2	10.6
1.75V	313.1	279.4	178.1	105.2	63.3	49.9	39.7	34.0	23.9	20.0	10.5
1.80V	288.3	261.6	171.9	101.8	61.3	48.6	38.7	33.2	23.6	19.8	10.4
1.85V	239.8	220.2	149.5	91.9	56.5	45.1	36.1	31.1	22.2	18.6	9.87

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values. The battery must be fully charged before the capacity test. The C<sub>100</sub> should reach 95% after the first cycle and 100% after the third cycle.



Storage Characteristics



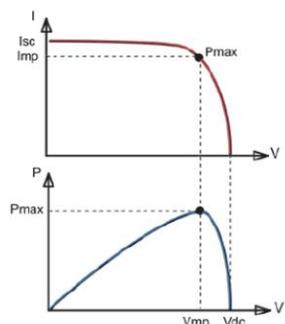
## Anexo 3: Hoja técnica del controlador de carga BlueSolar MPPT 75-15



### Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/10, 75/15 y MPPT 100/15



Controlador de carga solar  
MPPT 75/15



Seguimiento del punto de potencia máxima

#### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

#### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a  $V_{mp}$ .

#### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

#### Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado cuando llegue a una tensión preestablecida. También se puede optar por establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

Algunas cargas (especialmente los inversores) pueden conectarse directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

#### BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Cuando un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.

El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

#### Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

#### Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

#### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android: consulte "VE.Direct y la mochila Bluetooth Low Energy"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	10 A	15 A	15 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	135 W	200 W	200 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	270 W	400 W	400 W
Desconexión automática de la carga	Sí, carga máxima 15 A		
Tensión máxima del circuito abierto FV	75 V		100 V
Eficiencia máxima	98 %		
Autoconsumo	10 mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V / 28,8 V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	13,8 V / 27,6 V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multietapas		
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.		
Corriente de carga continua/cresta	15A/50A		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V / 22,2 V o 11,8 V / 23,6 V o algoritmo de BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V / 26,2 V o 14 V / 28 V o algoritmo de BatteryLife		
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
<b>CARCASA</b>			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10		
Tipo de protección	IP22 (área de conexiones)		
Peso	0,5 kg		
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		
<b>ESTÁNDARES</b>			
Seguridad	EN/IEC 62109		
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.			



## Anexo 4: Hoja técnica del Inversor Phoenix 250 V



### Inversores Phoenix

250 VA – 1200 VA 230 V y 120 V, 50 Hz o 60 Hz

www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



#### Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 – 245 V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

#### Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años. Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

#### Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

#### Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15 W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

#### Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

#### Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

#### Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

#### Disponibles con tomas de corriente distintas

Schuko



UK



AU/NZ



IEC-320  
(enchufe incluido)



Nema 5-15R



#### Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación

GFCI



Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250 VA	375 VA	500 VA	800 VA	1200 VA
Potencia cont. a 25°C/40°C		200/175 W	300/260 W	400/350 W	650/560 W	1000/850 W
Pico de potencia		400 W	700 W	900 W	1500 W	2200 W
Tensión/frecuencia CA de salida (ajustable)		230 VCA o 120 VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17/18,4 - 34,0/36,8 - 62,0 V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3/18,6/37,2 V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9/21,8/43,6 V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0/28,0/56,0 V				
Eficacia máx.		87/88/88 %	89/89/90 %	90/90/91 %	90/90/91 %	91/91/92 %
Consumo en vacío		4,2/5,2/7,9 W	5,6/6,1/8,5 W	6/6,5/9 W	6,5/7/9,5 W	7/8/10 W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8/1,3/2,5 W	0,9/1,4/2,6 W	1/1,5/3,0 W	1/1,5/3,0 W	1/1,5/3,0 W
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25 % por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95 %				
<b>CARCASA</b>						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10 mm²/AWG8	10 mm²/AWG8	10 mm²/AWG8	25/10/10 mm² / AWG4/8/8	35/25/25 mm² / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230 V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120 V: Nema 5-15R, GFCI				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4 kg/5,3 lbs	3,0 kg/6,6 lbs	3,9 kg/8,5 lbs	5,5 kg/12 lbs	7,4 kg/16,3 lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (Modelo 12 V: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (Modelo 12 V: 117 x 232 x 362)
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad		EN-IEC 60335-1/EN-IEC 62109-1/UL 458 (3)				
EMC		EN 55014-1/EN 55014-2/IEC 61000-6-1/IEC 61000-6-2/IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta		3) UL 458 solo para inversores con toma de salida GFCI				



#### Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



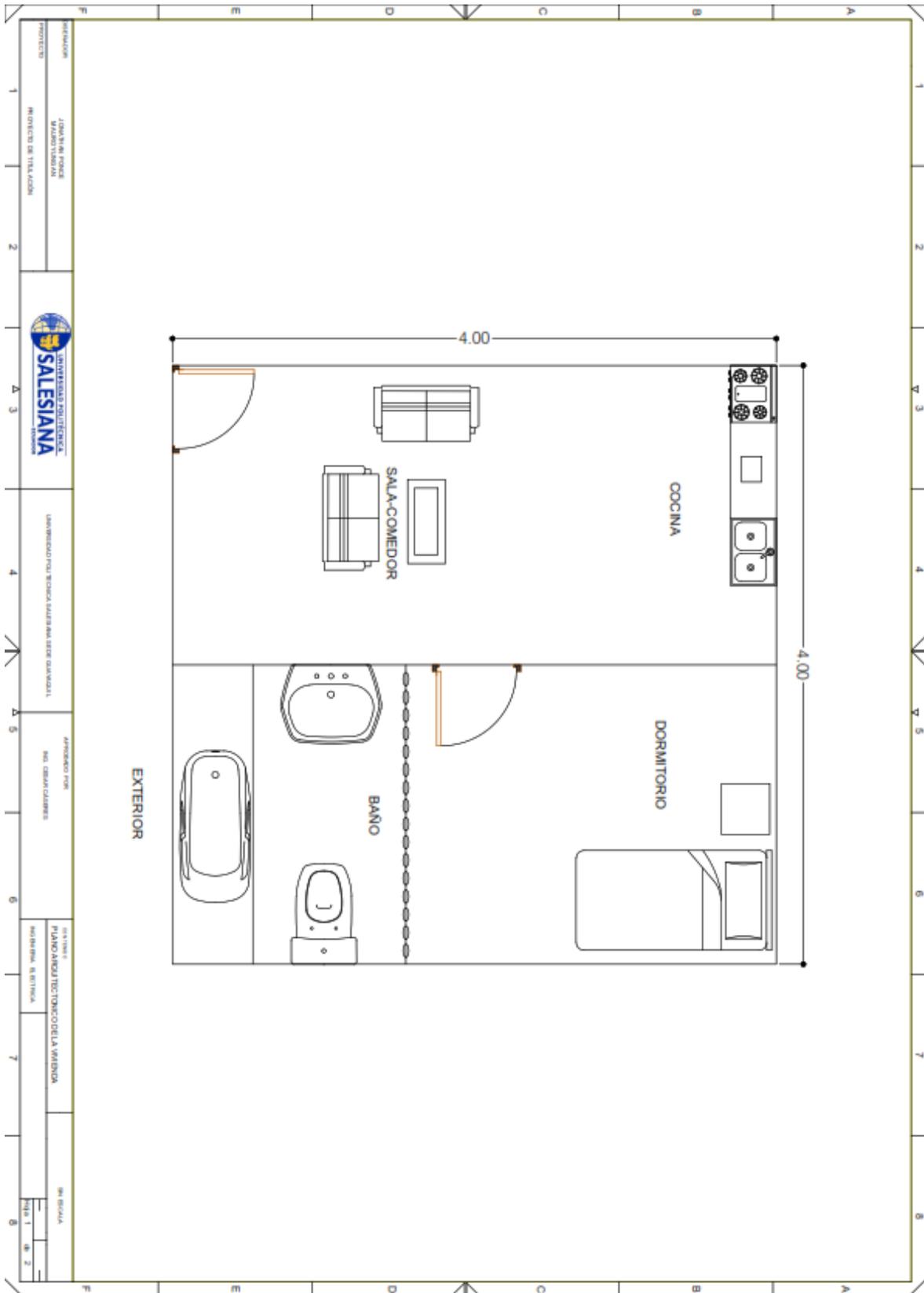
Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart  
(Debe pedirse por separado)



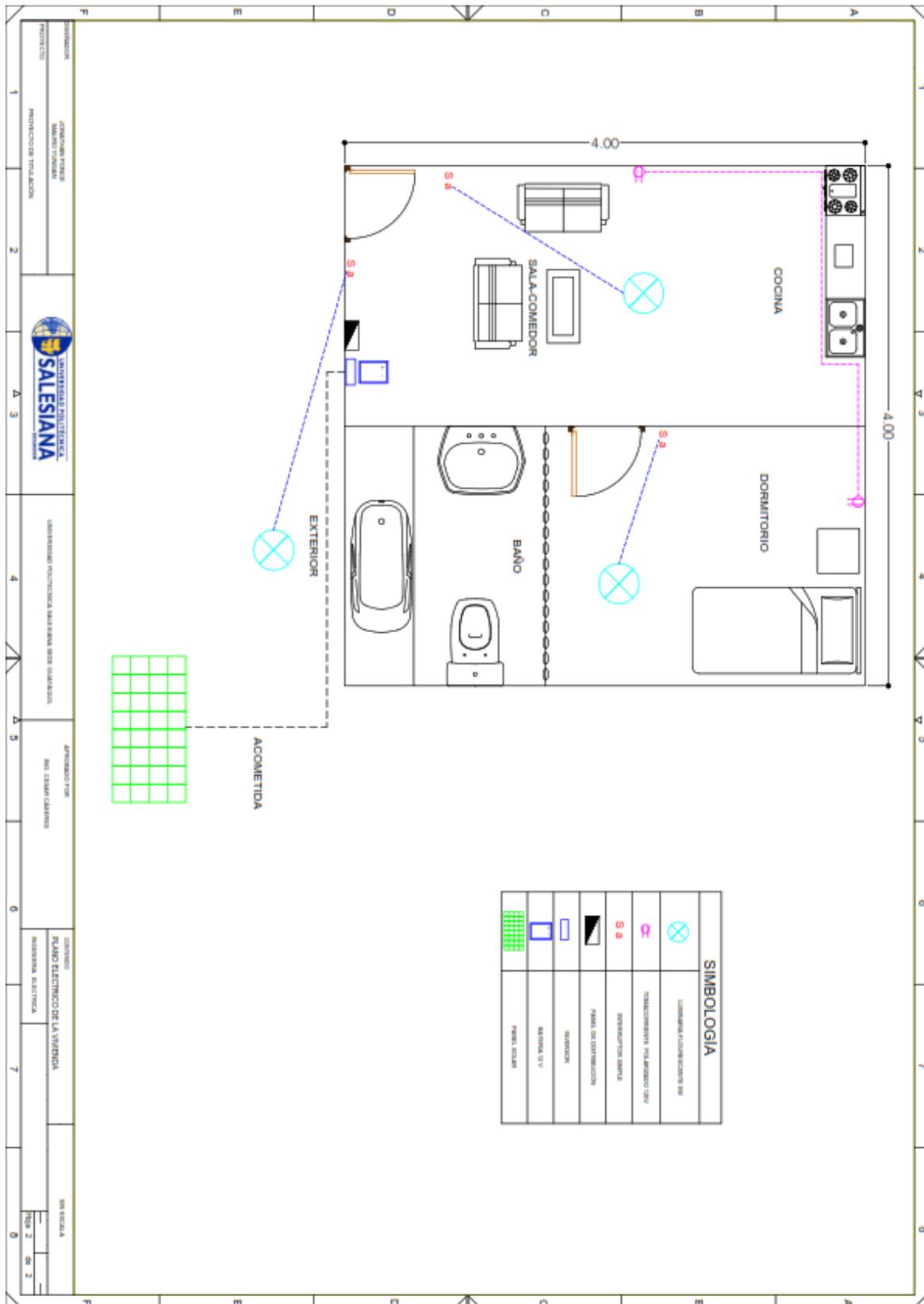
#### Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de forma selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

### Anexo 5: Plano arquitectónico de la vivienda



Anexo 6: Plano eléctrico de la vivienda 2+



## Anexo 7: Reporte de la simulación del Software PVsyst



Version 7.2.8

# PVsyst - Simulation report

## Stand alone system

Project: PROYECTO\_MASA

Variant: Simulacion 1

Stand alone system with batteries

System power: 405 Wp

Segal - Ecuador

| Author


**PVsyst V7.2.8**

VCO, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

**Project: PROYECTO\_MASA**

Variant: Simulacion 1

**Project summary**

Geographical Site		Situation		Project settings	
<b>Segal</b>		Latitude	-2.38 °S	Albedo	0.20
Ecuador		Longitude	-79.86 °W		
		Altitude	9 m		
		Time zone	UTC-5		
<b>Meteo data</b>					
Segal					
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético					

**System summary**

Stand alone system		Stand alone system with batteries	
<b>PV Field Orientation</b>			
Fixed plane			
Tilt/Azimuth	15 / 0 °	<b>User's needs</b>	
		Daily household consumers	
		Constant over the year	
		Average	0.7 kWh/Day
<b>System information</b>			
<b>PV Array</b>			
Nb. of modules	1 Unit	<b>Battery pack</b>	
Pnom total	405 Wp	Technology	Lead-acid, sealed, Gel
		Nb. of units	2 units
		Voltage	24 V
		Capacity	100 Ah

**Results summary**

Available Energy	506.4 kWh/year	Specific production	1250 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	40.22 %
Used Energy	245.9 kWh/year			Solar Fraction SF	99.82 %

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	5
Main results	6
Loss diagram	7
Special graphs	8


**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

**Project: PROYECTO\_MASA**

Variant: Simulacion 1

**General parameters**

Stand alone system		Stand alone system with batteries	
<b>PV Field Orientation</b>			
<b>Orientation</b>			
Fixed plane		<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>
Tilt/Azimuth	15 / 0 °	No 3D scene defined	Transposition Perez Diffuse Perez, Meteonorm Circumsolar separate
<b>User's needs</b>			
Daily household consumers			
Constant over the year			
Average	0.7 kWh/Day		

**PV Array Characteristics**

PV module		Battery	
Manufacturer	Jinkosolar	Manufacturer	Narada
Model	JKM405M-72H-V	Model	MPG 12V 100 F
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Unit Nom. Power	405 Wp	Nb. of units	2 in series
Number of PV modules	1 Unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	405 Wp	Stored energy	2.0 kWh
Modules	1 String x 1 In series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	24 V
Pmpp	370 Wp	Nominal Capacity	100 Ah (C10)
U mpp	37 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	9.9 A	<b>Battery Management control</b>	
<b>Controller</b>		Threshold commands as	Battery voltage
Manufacturer	Victron	Charging	29.7 / 25.6 V
Model	SmartSolar MPPT 75/15 24V	Corresp. SOC	0.95 / 0.80
Technology	MPPT converter	Discharging	23.8 / 24.9 V
Temp coeff.	-2.7 mV/°C/Elem.	Corresp. SOC	0.20 / 0.50
<b>Converter</b>			
Maxi and EURO efficiencies	96.0 / 96.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	1 modules		
Module area	2.0 m²		
Cell area	1.8 m²		

**Array losses**

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to Irradiance		Global array res.	62 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.7 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s				
<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>	
Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %



**PVsyst V7.2.8**

VCD, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

Project: PROYECTO\_MASA

Variant: Simulacion 1

**Array losses**

**IAM loss factor**

Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000


**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

**Project: PROYECTO\_MASA**

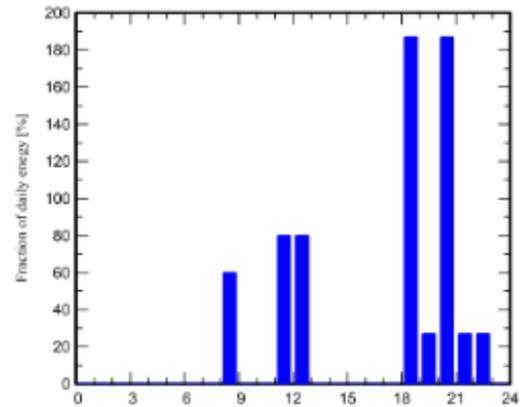
Variant: Simulacion 1

**Detailed User's needs**

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.7 kWh/day

**Annual values**

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lámparas (LED o fluo)	3	9W/lamp	5.0	135
Tomacorriente	2	30W/app	4.0	240
Televisor	1	100W/app	3.0	300
Total daily energy				675Wh/day

**Hourly distribution**




Project: PROYECTO\_MASA

Variant: Simulacion 1

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

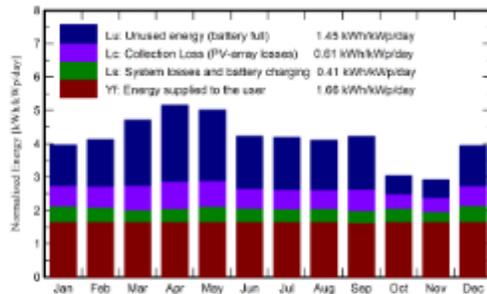
Main results

System Production

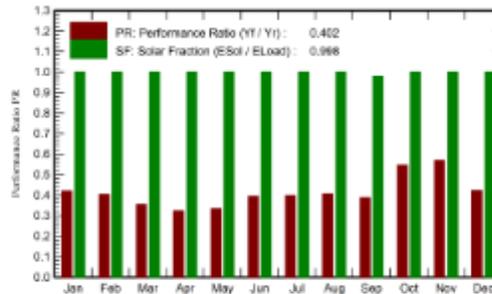
Available Energy	506.4 kWh/year
Used Energy	245.9 kWh/year
Excess (unused)	214.3 kWh/year
<b>Loss of Load</b>	
Time Fraction	0.2 %
Missing Energy	0.4 kWh/year

Specific production	1250 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR	40.22 %
Solar Fraction SF	99.82 %
<b>Battery aging (State of Wear)</b>	
Cycles SOW	89.5 %
Static SOW	91.7 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	135.7	118.9	40.92	15.29	0.000	20.93	20.93	1.000
February	122.7	112.5	36.63	15.94	0.000	16.90	16.90	1.000
March	148.5	142.3	49.02	24.46	0.000	20.93	20.93	1.000
April	150.7	151.3	51.67	27.69	0.000	20.25	20.25	1.000
May	145.1	152.1	52.26	26.53	0.000	20.93	20.93	1.000
June	117.7	123.6	42.63	16.66	0.000	20.25	20.25	1.000
July	122.4	126.9	44.14	19.46	0.000	20.93	20.93	1.000
August	123.9	124.4	43.27	16.56	0.000	20.93	20.93	1.000
September	126.6	123.5	42.30	19.13	0.447	19.80	20.25	0.976
October	96.5	91.5	31.27	6.66	0.000	20.93	20.93	1.000
November	94.2	84.6	26.93	6.51	0.000	20.25	20.25	1.000
December	134.5	116.1	40.99	15.02	0.000	20.93	20.93	1.000
<b>Year</b>	<b>1520.7</b>	<b>1470.1</b>	<b>506.44</b>	<b>214.34</b>	<b>0.447</b>	<b>245.93</b>	<b>246.36</b>	<b>0.996</b>

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		



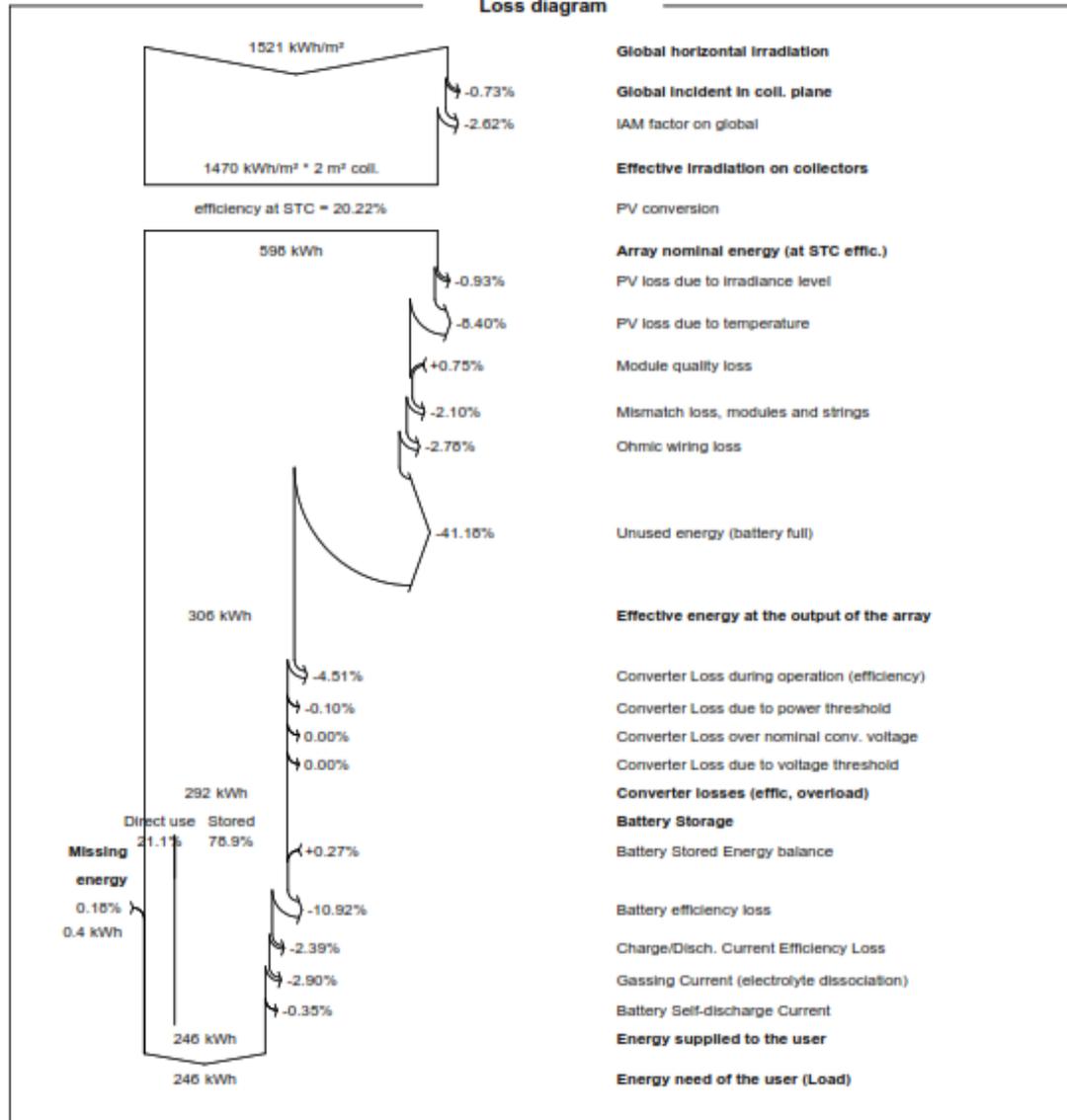
Project: PROYECTO\_MASA

Variant: Simulacion 1

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

Loss diagram





**PVsyst V7.2.8**  
VC0, Simulation date:  
25/06/22 14:54  
with v7.2.8

Project: PROYECTO\_MASA

Variant: Simulacion 1

